



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11289296 A**

(43) Date of publication of application: 19.10.99

(51) Int. Cl

H04B 10/02

G02F 1/11

H04B 10/17

H04B 10/16

H04J 14/00

H04J 14/02

(21) Application number: 10090383

(22) Date of filing: 02.04.98

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: ONAKA HIROSHI
MIYATA HIDEYUKI
OTSUKA KAZUE
KAI TAKETAKA
NAKAZAWA TADAO
CHIKAMA TERUMI

(54) OPTICAL TRANSMISSION EQUIPMENT,
OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND
OPTICAL TERMINAL STATION

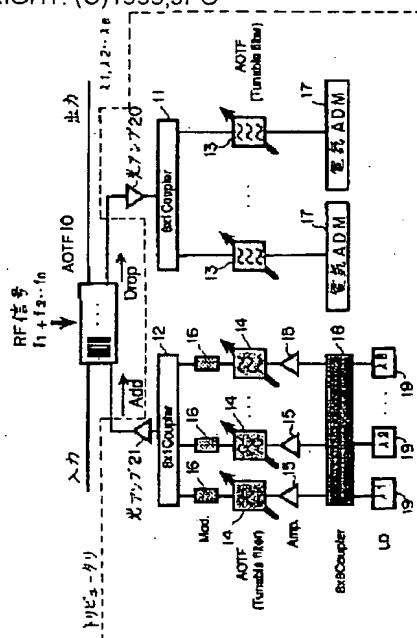
extracted from a through optical signal by the AOTF 10.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical wavelength multiplex network using an AOTF and having high reliability and high cost performance and a device to be used for the network.

SOLUTION: In the case of constituting an OADM device in an OADM system, an AOTF 10 is used. The AOTF 10 can select an optional wavelength by changing the frequency of an RF signal to be impressed. The AOTF 10 can drop an optical signal of specific wavelength out of a wavelength multiplex optical signal inputted from an input or synthesize a wavelength multiplex signal inputted from an addport with a through optical signal. In practical device constitution, it is realistic to use the AOTF 10 only for drop while considering the increment of coherent crosstalk. Or in another method, a dropped optical signal is branched by a photocoupler, wavelength is selected by a tributary station and the wavelength selected by the tributary station is



特開平 11-289296

(43) 公開日 平成11年(1999)10月19日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	F I	OL	審査請求	未請求	請求項の数	4 3	O L	(71) 出願人	特開平 10-90383	(22) 出願日	平成10年(1998)4月2日	(72) 発明者	(73) 発明者	(74) 代理人	最終頁に続く
H 0 4 B	10/02	H 0 4 B	9/00	U					富士通株式会社	000005223			尾中 寛	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	富士通株式会社	
G 0 2 F	1/11	G 0 2 F	1/11	J					宮田 英之				神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	富士通株式会社		
H 0 4 B	10/17	H 0 4 B	9/00	J					井理士 大智				神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	井理士 大智		
H 0 4 J	14/00			E												

(全60頁) 最終頁に続く

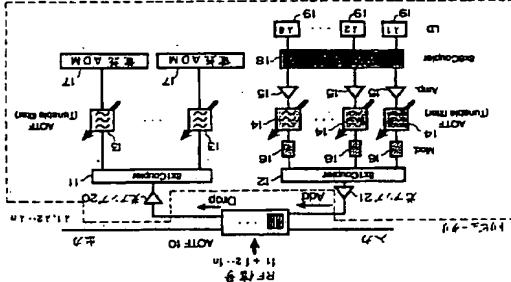
(54) 【発明の名称】 光伝送装置、光伝送システム及び光端局

(57) 【要約】

【課題】 AOTF を使用した信頼性、及びコストパフォーマンスのよい光波長多重ネットワーク及びそのための装置を提供する。

【解決手段】 OADM システムにおいて、OADM 装置を構成する際、AOTF10 を使用する。AOTF は印加する RFF 信号の周波数を変えることによって、任意の波長を選択することができる。入力から入ってきた波長多重光信号の中から特定の波長の光信号をドロップしたり、アドポートから入力された波長多重信号をスルー光信号と合波することができる。ただし、コヒーレント光信号と合波することができる。また、実際の装置構成においては、AOTF をドロップ専用として使用することが現実的である。あるいは、他の方法においては、ドロップ光信号は光カプラーで分岐し、波長をトリビュタリ局で選択するようにし、トリビュタリ局で選択された波長を AOTF でスルー光信号から抽出するようにする。

AOTF を用いた OADM 装置の基本的原理を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 WDM 通信システムにおいて、任意の波長の光信号を分岐したり、挿入したりする光伝送装置であって、

分岐・挿入すべき光信号のうち、一部の光信号について分岐・挿入動作を行う第 1 の可変波長選択フィルタと、

前記第 1 の可変波長選択フィルタで選択されなかった、分岐・挿入すべき光信号について分岐・挿入動作を行う第 2 の可変波長選択フィルタとの少なくとも 2 つの可変波長選択フィルタを備え、

複数の可変波長選択フィルタを用いて分岐・挿入すべき光信号の全てを分岐または挿入することを特徴とする光伝送装置。

【請求項 2】 前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタは、表面弾性波の作用を利用した 1 個の AOTF、もしくは板 AOTF を複数段カスケード接続したものであることを特徴とする請求項 1 に記載の光伝送装置。

【請求項 3】 前記第 1 の可変波長選択フィルタで処理する波長と前記第 2 の可変波長選択フィルタで処理する波長が分岐・挿入されるべき光信号の波長を短波長側から番号を付けたときの奇数番目と偶数番目の波長に対応する波長であることを特徴とする請求項 1 に記載の光伝送装置。

【請求項 4】 前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタでは分岐の機能だけを持ち、挿入すべき光信号を第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタを通過した透過光信号に光合波器を用いて合波させることを特徴とする請求項 1 に記載の光伝送装置。

【請求項 5】 前記第 1 の可変波長選択フィルタで分岐された光信号と、前記第 2 の可変波長選択フィルタで分岐された光信号とを合波する合波器を備えることを特徴とする請求項 4 に記載の光伝送装置。

【請求項 6】 前記第 1 の可変波長選択フィルタの分岐光を出力するポートと、前記第 2 の可変波長選択フィルタの分岐光信号とを合波するための合波器の間に可変アッテネータを持ち、これにより前記第 1 の可変波長選択フィルタの分岐光信号のパワーを前記第 2 の可変波長選択フィルタの分岐光信号のパワーとほぼ同一にするよう調整するよう構成されたことを特徴とする請求項 5 に記載の光伝送装置。

【請求項 7】 前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタで分岐された光信号を合波する前記合波器の出力ポートに光スペクトルモニタを接続して、分岐された光信号の有無・波長・パワーを監視することを特徴とする請求項 5 に記載の光伝送装置。

【請求項 8】 前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタの分岐されない光信号を出力する透過ポートに前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタ内部を光信号が伝播することによって生じる偏波分岐を打ち消す手段を備える

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光伝送装置。

【請求項 9】 前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタに入力する光信号のそれぞれの波長に対応する RFF 信号の印加パワーを調整することにより、前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタで分岐されない透過光信号のパワーを調整することを特徴とする請求項 2 に記載の光伝送装置。

【請求項 10】 入力伝送路と前記第 1 の可変波長選択フィルタの間と、挿入すべき光信号を合波する前記光合波器と出力伝送路の間とに光増幅器を備え、伝送路の損失と前記光伝送装置の損失を補償することを特徴とする請求項 4 に記載の光伝送装置。

【請求項 11】 入力伝送路と前記第 1 の可変波長選択フィルタの間、光増幅器を、第 1 の光増幅器と分散補償器と第 2 の光増幅器とから構成し、分散補償器では伝送路によって光信号が受けた分散を補償し、この分散補償器の損失を第 2 の光増幅器で補償することを特徴とする請求項 10 に記載の光伝送装置。

【請求項 12】 前記第 1 または第 2 の光増幅器の入力部あるいは出力部にカプラーを備え、該カプラーによって分岐された分岐光をモニタすることにより、光信号の有無・波長・パワーを監視することを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の光伝送装置。

【請求項 13】 前記第 1 の可変波長選択フィルタの前段に分岐器を持ち、該分岐器により伝送されてきた光信号の一部を分岐して、分岐された光信号を受信する端局に送信し、前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタは次のノードに伝送すべき光信号をスルー光信号として透過ポートに出力し、次のノードに伝送すべきでない信号を分岐光信号として選択ポートに出力することを特徴とする請求項 4 に記載の光伝送装置。

【請求項 14】 前記第 1 の可変波長選択フィルタの前段と前記光合波器の後段に 1 × 2 光スイッチを備え、該 1 × 2 光スイッチのポートの一方が通常使用する前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタに接続し、他の一方のポートが前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタに接続し、通常使用する第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタに障害が生じた時に該 1 × 2 光スイッチを切り替えて前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタを使用して伝送を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の光伝送装置。

【請求項 15】 前記第 1 の可変波長選択フィルタの前段と前記光合波器の後段に 1 × 2 光スイッチを備え、スイッチのポートの一方が通常使用する伝送路に接続し、他の一方のポートが前記の伝送路に接続し、通常使用する伝送路に障害が生じたときに該 1 × 2 光スイッチを切り替えることにより予備の伝送路を使用して伝送を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の光伝送装置。

【請求項 16】 挿入されるべき光信号が伝送されて来ない場合にも、前記第 1 及び第 2 の可変波長選択フィルタ

ルタで挿入されるべき光信号に対応する波長の分岐操作を行うことを特徴とする請求項10又は11に記載の光伝送装置。

【請求項17】 WDM光通信システムにおいて、分岐及び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅器であって、

所定の波長の光信号を、所望の数だけ合波し、挿入すべき光信号として前記光伝送装置へ伝送する光合波器を備えることを特徴とする光増幅器。

【請求項18】 前記光合波器の後段に分散補償器を備え、伝送路の分散を低減に補償することを特徴とする請求項17に記載の光増幅器。

【請求項19】 伝送に用いるすべての信号波長に対応する複数の光源を備え、該複数の光源の出力光を合波する合波器と、

該合波器による損失を補償する光増幅器と、伝送に用いる最大の信号波長数を最大とする所望の数まで光を分波する分波器と、

該分波器により分波されたそれぞれの光について、所定の光波長を選択する光可変フィルタと、

該選択された光に変調信号を印加することによって任意数任意波長の光信号を生成し、前記光伝送装置に挿入すべき光信号として伝送する手段と、を備えることを特徴とする請求項17に記載の光増幅器。

【請求項20】 伝送路から伝送されてきた波長多重光信号のうち、所定の波長の光信号を分岐し、対応する波長の光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅器とからなる光伝送システムにおいて、

該光伝送装置で分岐された光信号を必要に応じて増幅する光増幅器と、

該光信号を所望の数までパワー分岐する光分岐器と、該光分岐器の出力のそれぞれに光フィルタとを備え、前記光増幅器は所定の光波長の信号を選択して受信することを特徴とする光伝送システム。

【請求項21】 前記分岐器の出力のそれぞれに備える光フィルタを、選択波長を可変とすることのできる可変光フィルタとし、前記光増幅器で任意の波長の光信号を選択して受信することを特徴とする請求項20に記載の光伝送システム。

【請求項22】 分岐器の出力に備える可変光フィルタとして、1個のAOOTF、もしくは該AOOTFを複数段にカスケード接続したものを使用することを特徴とする請求項21に記載の光伝送システム。

【請求項23】 前記光伝送装置において、伝送路への出力ポートにモニタ用の分岐ポートを設け、光信号の有無・波長・パワーを監視すると同時に、所望の波長の光信号を分岐するための波長選択フィルタへの制御信号の印

加パワーを調整し、及び、光増幅器での挿入すべき光信号を増幅する光増幅器の出力パワーを調整する制御手段を有し、

前記制御手段は、モニタしている光信号の内の最小の信号パワーを有する波長の光信号のパワーに他の波長の光信号のパワーを一致させるように制御することにより、それぞれの光信号の伝送出力パワーをほぼ一定に保つことを特徴とする請求項20に記載の光伝送システム。

【請求項24】 AOOTF通過後の光増幅器と光パワーを逐次モニタする光スベクトルモニタを備え、該AOOTFを駆動するRFF周波数とRFFパワーにフィードバックをかけて、分岐・挿入される光信号が常に最適な光波長と光パワーになるように制御を行うことを特徴とする請求項2に記載の光伝送装置。

【請求項25】 該AOOTFの動作温度にフィードバックをかける温度制御回路を備え、

該光スベクトルモニタによる該AOOTF通過後の光信号の波長及びパワーを逐次モニタした結果を用いて、該温度制御回路が該AOOTFを制御して、分岐・挿入されるべき光信号が常に最適な光波長と光パワーとすることを特徴とする請求項24に記載の光伝送装置。

【請求項26】 上りと下りの2システム分もしくは複数の箇所の光スベクトルをモニタするために光スイッチを用いて1台の光スベクトルモニタへの入力を取り替えて使用する構成を持ったことを特徴とする請求項24に記載の光伝送装置。

【請求項27】 AOOTFによって選択された選択光を、光カブラを用いて分岐し、フォトディテクタで光パワーをモニタし、常にフォトディテクタの受光パワーが最大となるようにAOOTFに印加するRFF周波数もしくはRFFパワーを制御し、光波長、光パワーの変動あるいはAOOTFの特性変動に追従可能なように構成されたことを特徴とする請求項2に記載の光伝送装置。

【請求項28】 フォトディテクタで受光する際に光波長の中心位置を判別するため、あるいは最適RFFパワーを判別するために、RFF周波数に低周波重畳をかけることを特徴とする請求項27に記載の光伝送装置。

【請求項29】 伝送路から光信号を分岐、あるいは伝送路へ光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、該光伝送装置に挿入すべき光信号を送信する増幅器とからなる光ネットワークにおいて、

該増幅器の受信側の1波選択用AOOTFに所定のRFF周波数を印加し、該1波選択用AOOTFが安定化したことを確認した後に、該光伝送装置の分岐・挿入用AOOTFに所定のRFF周波数を印加して所定の光信号を分岐し、光スベクトルモニタで所定の光信号が分岐されたことを確認した後、該増幅器の1波挿入用AOOTFに所定のRFF周波数を印加し、1波挿入用AOOTFの動作が安定し、且つ、光スベクトルモニタで監視した挿入すべき光信号が

を配置したことを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項37】 各中継スパン毎あるいはノード毎のいずれかに配置する分散補償手段の分散補償量は分散補償間の伝送路の分散量に応じて設定することを特徴とする請求項36に記載の光伝送システム。

【請求項38】 波長分散量が正である伝送路を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか一つに記載の光伝送システム。

【請求項39】 送信部で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段のチャープニングパラメータが+1近傍である送信路を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか一つに記載の光伝送システム。

【請求項40】 送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に配置した分散補償量を伝送ルートに応じて変化させる機構を持つ分散補償手段を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか一つに記載の光伝送システム。

【請求項41】 伝送ルートに応じて分散補償量を変化させる分散補償手段を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか一つに記載の光伝送システム。

【請求項42】 前記分散補償手段は、分散補償量の異なる、あるいは、分散補償量の同じ複数の分散補償器と、伝送されてきた光信号を所望の分散補償器に通過させる光切り替え手段と、を備え、

該光信号が通過する分散補償器の組み合わせを切り替えることにより、光信号が受けた分散補償量に応じて最適な分散補償を行うことを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項43】 表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択挿入するAOOTFにおいて、該AOOTFの形成されている基板の表面であって、AOOTFの近傍に共振器を形成し、該共振器の共振周波数の変化を検出することにより、該AOOTFの表面温度を計測し、該計測結果に基づいてRFF信号を制御して、該AOOTFの動作を安定化させることを特徴とするAOOTF制御装置。

【発明の詳細な説明】
【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長多重光ネットワークに関する。

【0002】
【従来の技術】 将来のマルチメディアネットワークを目指し、さらなる超長距離・大容量の光通信システム、また、これを用いた光波ネットワークの構築が要求され、研究開発が盛んに行われている。

【0003】 これまでに大容量化を実現する方法として、時分割多重 (Time-Division Multiplexing : TDM)

M) 方式、光領域での時分割多重 (Optical Time-Division Multiplexing: OTDM) 方式、波長分割多重 (Wavelength-Division Multiplexing: WDM) 方式等の研究が行われている。

【0004】これらの方式の中で、WDM方式は光ファイバの広帯域・大容量性を有効利用でき、さらに光合波器 (光ファイバ) を用いることにより変調方式・速度によらず伝送光信号を選択・分岐・挿入可能となり上記光波ネットワークの機能を実現できる。

【0005】すなわち、光波ネットワークではネットワーク上の各ノードで必要に応じて分岐・挿入 (Add/Drop) Multiplexing: ADM)、伝送路を選択する光ルーティング、クロスコネクタを行う機能を持つ必要がある。

【0006】光信号の分岐・挿入を行うための装置としては、光ADD/DROP装置が研究開発されている。波長が固定されている波長固定型と任意の波長の光信号を分岐・挿入できる任意波長型とがある。

【0007】波長固定型は、例えば、サーキュレータとファイバグレーティングとからなり、伝送されてきた光信号のうち特定の波長の光信号をファイバグレーティングで反射して、サーキュレータを用いて分岐するものである。挿入する場合には、挿入しようとする光信号をサーキュレータで一旦ファイバグレーティングに送り、ファイバグレーティングで特定の波長が反射され、伝送路を直進してきた光信号と合波するものである。

【0008】このような波長固定型においては、分岐・挿入する光信号の波長がシステム構築時に決定されてしまうために、光波ネットワークに対する多くの要求に十分に対応することができないという問題がある。

【0009】これに対し、任意波長型は分岐・挿入する光信号の波長をシステム構築後においても遠隔操作で変更することができるので、分岐・挿入する波長 (チャネル) を変えたいという要求にも容易に対応することができ

【0010】図57は、光スイッチを用いた光ADM (OADM) 装置の構成の一例を示した図である。波長λ1～λnの波長多重光は入力側からデマルチプレクサ (DMUX) に入力され、各波長は、各波長の光信号に分岐される。各波長の光信号は、各波長毎に設けられた2×2光スイッチに入力される。2×2光スイッチは、光路を切り替えることによって、各光信号を、直進させるか (スルーさせるか)、ドロップさせるかする。

【0011】2×2光スイッチでドロップされた光信号は、トリビュタリ局 (ブランチ局) に送られる。2×2光スイッチをスルーした光信号は、そのままマルチプレクサに入力され、波長多重光に多重化された出力される。2×2光スイッチによってドロップされた光信号は、トリビュタリ局に送られる。トリビュタリ局で

は、ドロップされた光信号を合分波器で一旦合波した後、各チャネル毎に設けられる光受信器ORに光信号を供給するため、合波した光信号を分岐する。同図には、図示されていないが、光受信器ORには、波長選択フィルタが設けられており、合分波器で分岐された光信号の中から所望の波長の光信号を選択して受信する。

【0012】このように、OADM装置で波長多重された光信号を各波長の光信号に分岐してからそれぞれ光スイッチでドロップすることにより、所望の波長の光信号をドロップすることが出来る。トリビュタリ局側では、ドロップされた光信号のうち所望の波長を選択して受信することにより、所望の波長 (チャネル) の光信号を受信することが出来る。特に、ドロップされる波長が異なる場合を考えると、光受信器ORの前に設けられる波長選択フィルタとして、選択波長が可変のものを使用すれば、例えば、1番の光受信器で受信する光信号の波長を自由にできることが出来る。

【0013】光受信器ORで光信号を電気信号に変換されたものは、電気信号で、アド・ドロップ処理を行う電気ADM (E ADM) で処理される。また、E ADMからは、トリビュタリ局から送信すべき信号が出力され、光送信器OSによって光信号に変換されて送出される。同図に示される、トリビュタリ局の各光送信器OSの出力する光信号の波長は、OADM装置でドロップされた波長の内のいずれかを用いるようにし、光スイッチに入力される。光スイッチでは、光送信局OSから送信されてくる光信号の光路を切り替えて、ドロップ処理を行っている2×2光スイッチに、対応する波長の光信号を送るようになっている。ドロップ処理を行っている各2×2光スイッチでは、ドロップした光信号の波長と同じ波長の光信号をトリビュタリ局から受け取り、マルチプレクサMUXに送信する。このようにして、トリビュタリ局から送信されてきた光信号は、OADM装置をスルーする光信号とマルチプレクサMUXで合波され、波長多重光信号として出力される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】任意波長型のOADM装置としては、上記のように、光スイッチを使ったものが動作が複雑な方式として考えられるが、装置として、動作が重いという問題点がある。また、光ネットワークを構築当初に最大多重波長数よりも少ない波長数でシステムを運用する場合に、マルチプレクサ、デマルチプレクサを必要のない、出力及び入力ポートを有していることになり、無駄な構成を有していることになる。また、2×2光スイッチを始めから備える場合には、使用しない光スイッチを有していることになり、初期設置の増大を招く。

【0015】さらに、上記の方式では、光信号をマルチプレクサで各波長の光信号に分岐しているため、マルチプレクサが広いバンドパスフィルタのような特性を各波長の

光信号に対して持つことになる。このようなバンドパスフィルタのような特性のデバイスを直列に接続すると、バンドパスの幅が各波長について非常に狭くなってしまふという問題がある。従って、この問題を避けようとするならば、各光装置のバンドパスを厳密に一致させる必要があり、システムの設計及び設置作業が非常にシビアになってしまう。

【0016】また、光信号は、AM変調されているので、波長成分で見るとサイドバンドが生じている。このように光信号と、サイドバンドの非常に狭くなったシステムを伝播すると、波長成分をこし、光信号を受信側で受信できなくなる可能性がある。最悪の場合には、システムが伝播できなくなるという事態も生じうる。

【0017】このような問題は、全ての波長をマルチプレクサのようなもので一旦分波する構成を採用することによって起こる。従って、固定波長型のように、ファイバグレーティングを使用する場合には、ドロップする波長の光信号のみが抜き取られ、他の波長成分に対するファイバグレーティングの特性はフラットであるので、上記のようにシステム全体に渡ってのバンドパスが狭くなってしまふという問題は生じない。

【0018】従って、ファイバグレーティングを使用しOADM装置を構成することが考えられるが、ファイバグレーティング自体は、選択波長が固定されているので、任意波長型のOADM装置を構成する場合には、波長成分のファイバグレーティングと、それぞれのファイバグレーティングに対して設けられる光スイッチとが必要となる。これでは、やはり、装置として動作が重くなってしまう。

【0019】また、OADM装置は、電気的ADM装置と組み合わせて信号を処理する必要があるため、電気ADM装置を始めから波長数分だけ用意しておくのでは、コストが大きくなってしまふ。従って、用意すべき電気ADM装置のコストとOADM装置のコストの合計ができるだけ小さくなるように構成しなければならない。

【0020】また、今日の波長多重数を増加しようという要求に対し、例えば、32波分の波長を扱うためのマルチクススイッチが現在存在せず、小さなスイッチを組み合わせなければならないと言いう問題がある。このように、スイッチが非常に大きくなってしまふ。装置の小型化を推進する上で障害となる。

【0021】上記のような問題を解決する方法として、音響光学チューナブルフィルタ (Acousto-Optic Tunable Filter: AOTF) を使用することが考えられる。AOTFは、ファイバグレーティングのように、ドロップする波長の光のみ抽出するという動作をするので、スルーする光信号に対する波長特性はフラットであり、上記したような、バンドパスがシステム全体で狭くなってしまふという問題が無い。また、ファイバグレーティン

グと異なり、ドロップする波長を任意に選択可能であるので、容易に任意波長型OADM装置を構成することが出来る。また、AOTFは波長選択フィルタとしても使用できるため、透過波長固定型のバンドパスフィルタの代わりに、トリビュタリ局の波長選択フィルタとしても使用可能であり、非常に用途の広いデバイスである。しかもコスト的にも有利であり、OADMシステムを構築するのに適したデバイスである。

【0022】本発明の課題は、AOTFを使用した信頼性、及びコストパフォーマンスのよい光波長多重ネットワーク及びそのための装置を提供することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明の光伝送装置は、WDM通信システムにおいて、任意の波長の光信号を分岐したり、挿入したりする光伝送装置であって、分岐・挿入すべき光信号のうち、一部の光信号について、分岐・挿入動作を行う第1の可変波長選択フィルタと、挿記・挿入すべき光信号について分岐・挿入動作を行う第2の可変波長選択フィルタとを少なくとも2つの可変波長選択フィルタとを備え、複数の可変波長選択フィルタを用いて分岐・挿入すべき光信号の全てを分岐または挿入することを特徴とする。

【0024】本発明の光伝送装置は、WDM光通信システムにおいて、分岐及び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光伝送装置であって、所定の波長の光信号を、所望の数だけ合波し、挿入すべき光信号として前記光伝送装置へ伝送する光合波器を備えることを特徴とする。

【0025】本発明の光伝送システムは、伝送路から伝送されてきた波長多重光信号のうち、所定の波長の光信号を分岐し、対応する波長の光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光伝送装置とからなる光伝送システムにおいて、該光伝送装置で分岐された光信号を必要に応じて増幅する光増幅器と、該光信号を所望の数までパワー分岐する光分岐器と、該光分岐器の出力のそれぞれに光フィルタとを備え、前記光伝送装置の所定の光波長の信号を選択して受信することを特徴とする。

【0026】本発明の他の側面の光伝送システムは、伝送路から光信号を分岐、あるいは伝送路へ光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、該光伝送装置に挿入すべき光信号を送信する光伝送装置とからなる光ネットワークにおいて、該光伝送装置の1波選択用AOTFに所定のRFF周波数を印加し、該1波選択用AOTFが安定化したことを確認した後、該光伝送装置の分岐・挿入用AOTFに所定のRFF周波数を印加して所定の光信号を分岐し、光スペクトル

モニタで所定の光信号が分岐されたことを確認した後、
該局局の1波投入用AOTFに所定のRFF周波数を印加し、1波投入用AOTFの動作が安定し、且つ、光スベクトルモニタで監視した投入すべき光信号が所定の光波長と光パワーになるように制御した後に、該局局の光送信器を駆動するシーケンス処理を有することを特徴とする。

【0027】本発明の更に他の側面における光伝送システムは、1波以上の光波長に送信信号を光強度変調して送出し、光増幅多中継伝送する光伝送装置、および、該光伝送装置に伝送路途中に伝送信号光の分岐、挿入機能を持つノードを有した光伝送システムにおいて、送信部で送信光の光位相変調もしくは光周波数変調する手段を有し、該変調手段のチャージングパラメータの符号が正である送信器を有し、送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段を配置したことを特徴とする。

【0028】本発明のAOTF制御装置は、表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択投入するAOTFにおいて、該AOTFの形成されている基板の表面であって、AOTFの近傍に共振器を形成し、該共振器の共振周波数の変化を検出することにより、該AOTFの表面周度を計測し、該計測結果に基づいてRFF信号を制御して、該AOTFの動作を安定化させることを特徴とする。

【0029】本発明によれば、任意の波長を印加する電気信号の周波数を変えることで、選択することができAOTFをアド・ドロップシステムに使用したことでより、システムを構成する回路の動作が軽くなり、安価で信頼性の高い、OADMシステムを構成することができ

る。

【0030】
【発明の実施の形態】図1は、AOTFを用いたOADM装置の基本的原理を示す図である。同図では、AOTF10に波長λ1～λnの波長多重光信号が入力され、8波がアド・ドロップされる場合を示している。もちろん、アド・ドロップする波長の数はこれに限られたものではない。

【0031】AOTF10による光波長の選択は、ドロップした波長に対応するRFF信号（電気信号）を印加することによって行う。同図の場合、AOTF10には、波長λ1～λnの波長多重光信号が入力されている。そして、AOTF10には、波長λ1～λnに対応する周波数f1～fnまでのRFF信号のうち、8つが印加される。

【0032】AOTF10に印加されたRFF信号の周波数に対応する波長の光信号は、AOTF10のドロップポートに出力され、光アンプ20によって増幅された後、8×1カプラ11に入力される。ここで、カプラ1は8×1構成となっているのは、ドロップされる波長数が50

8となっているからである。8×1カプラ11はドロップされてきた光信号を波長の数だけ分岐する。分岐された各光信号はすべて同じ光信号であり、ドロップされた波長の光信号をすべて含んでいる。次に、波長選択フィルタとしてAOTF13が設けられており、電気ADM（光信号受信器）17に各波長の光信号が送信される。

【0033】一方、AOTF10は、所望の波長の光信号をドロップするだけではなく、ドロップした波長の光信号と同じ波長の光信号をアドすることができる。これは、AOTF10がある波長の光信号をドロップする動作を行っている時には、同時に同じ波長の光信号をアドする作用を有しているからである。RFF信号としては、波長のRFF信号をAOTF10に印加しているだけで良い。

【0034】アドする光信号は、同図の左側の構成によって生成される。光源となるレーザダイオードLD19は、アドすべき光信号の波長を有するLD19がアドする光信号の数のだけ設けられており、これらのLD19から出力される波長λ1～λ8の光は8×8カプラ18で一旦合波された後、分岐される。分岐された光は光アンプ15によって増幅され、波長選択フィルタとしてのAOTF14に入力される。AOTF14では、波長λ1～λ8が多量に光から光信号送出に使用したい波長の光を抽出する。AOTF14で抽出された波長の光は、変調器16によって変調され、光信号とされる。このようにして生成された各波長の光信号は、8×1カプラ12で合波され、光アンプ21で増幅されて、AOTF10に入力される。AOTF10では、アド光信号がスルー光に合波され、出力側に出力される。

【0035】このように、AOTF10を使用すれば、原理的には、このAOTF10を1つ使うだけで、OADMの機能を達成することができ。ただし、実際のAOTFの特性は、上記原理で説明したような理想的なものではないので、様々な工夫を必要とする。例えば、AOTF10のアドポートから入力されるアド光信号は、AOTF10のクロストークの為、ドロップポートに僅かに出力される。アド光とドロップ光とは波長が同じであるので、コヒーレントクロストークと呼ばれるクロストークが生じ、光信号の劣化に大きな影響を与える。従って、実際にAOTFを使ってOADM装置を構成する場合には、このコヒーレントクロストークを避けるように構成しなくてはならない。

【0036】なお、AOTF10で波長をアド・ドロップしない場合には、光アンプ21をとめておくか、AOTF10の選択領域をはずすようにしておく。これは、光アンプを動作させておくと、光信号をアドしないにもかかわらず、ASE（Amplified Spontaneous Emission）光がノイズとしてスルー光信号に加えられるというので、SN比の劣化を起こすためである。あるいは、A

OATF10の選択領域をはずすおけば、ASEがスルー光信号の帯域外に挿入することになるので、スルー光信号のSN比の劣化には直接には影響しなくすることが出来る。図2は、実際のAOTFを使用してOADM装置を構成する場合の基本的構成例のブロック図である。

【0037】同図に示すのは、AOTFを光信号のドロップのみに使用する構成である。入力側から入力された光信号は、光アンプ30で伝送路の損失の補償のために増幅され、1段目のAOTF31に入力される。1段目のAOTF31では、ドロップすべき波長の光信号の内の一の一部のみをドロップする。そして、1段目のAOTF31をスルーした光信号は、2段目のAOTF32に入力されて、ドロップすべき残りの波長の光信号をドロップする。このようにして、ドロップされた光信号は、カプラ35で合波されると共に、受信器ORの数だけ分岐される。このとき、AOTF31のドロップポート側には、光アンプ38が設けられており、AOTF32からドロップされた光信号のレベルとAOTF31からドロップされた光信号のレベルをほぼ同じにしてカプラ38に入力するよう構成される。これは、AOTF31がロスが大きき、AOTF32を1つだけ通過した光信号と2つ通過した光信号とではレベルに大きな差が生じてしまうからである。もし、レベル差があるままドロップ光信号を送出すると、受信側で、あるいは受信側に届くまでに光アンプで増幅しようとしても、レベルの低い光信号がうまく増幅されず、受信側で信号を正しく受信できなくなってしまう。このようにして、ドロップされた光信号はAOTF等の波長選択フィルタ37によって所望の波長が選択され、受信器ORで受信される。

【0038】また、AOTF31、32からドロップされた光信号を一旦合波するカプラ35には、別の出力ポートを付けておき、この出力ポートからの光信号をスベクトルモニタ39に入力して、ドロップ光信号の有無や、各光信号の波長やパワーを監視するようにする。

【0039】2段目のAOTF31、32をスルーした光信号は、ドロップされない波長の光信号のみを含んでおり、OADM装置のスルー光としてカプラ33に入力される。光送信器OSからは、AM変調された各波長の光信号（ドロップ光信号の波長と同じ波長）がカプラ36で合波され、アド光信号としてカプラ33に入力され、アド光は互いに合波され、光アンプ34で増幅されて、伝送路に出力される。

【0040】同図の構成例において、1段目のAOTF31と2段目のAOTF32とを使ってドロップすべき全ての光信号をドロップするのとは、AOTFの波長選択特性によるものである。すなわち、AOTF31はRFF信号が印加されたときの波長選択特性の幅が広く、1T U-T G. 692勧告ドラフトで規定されている0.

8nm間隔の波長の隣り合う光信号を1つのAOTFでドロップしようとする、クロストークが発生してしまう受側側で受信できなくなってしまう。そこで、実際には、1つのブロックで示されているAOTF31、あるいは、32は、1つの基板に直列に3段のAOTFがネリシックに形成されたものを使用している。このようにすると、波長選択特性の幅を狭くすることができる。これでも十分ではない。そこで、更に、AOTFを2段に設け、1段目では、例えば、光信号の波長を端から順番に番号を付けた場合に、偶数番目あるいは、奇数番目の波長の光信号のドロップのみを担当するようにする。そして、2段目では、1段目ではドロップされなかった、奇数番目あるいは偶数番目の波長の光信号のドロップを担当するようにする。このように構成することによって、隣り合う2つの光信号をドロップする場合にも、波長間隔が最低でも1.6nmとなるので、AOTFの波長選択特性でも十分クロストークを少なくすることができ。

【0041】また、同図の構成では、アド光信号は、AOTFを介さずに、直接カプラ33で合波するようにしている。前述したように、AOTFは、ドロップした光信号の波長と同じ波長の光信号をアドする機能を有しているが、AOTFにアドとドロップの両方の機能を担わせると、ドロップ側にアド側の光が漏れ込んでクロストークを生じてしまう。特に、この場合、アド光とドロップ光の波長が同じコヒーレントクロストークなので、クロストークによって生じる、ビート成分が大きくなり、ドロップ側で正常に光信号を受信することができなくなってしまう。アド光は、対応する波長がスルー光から抜かれており、その間いているグリッド（光信号の波長の設定位置）に合波されれば良いので、同図のように、スルー光にカプラで合波する構成を採用する。

【0042】なお、同図では、AOTFを2つ用いて、ドロップすべき光信号の全てを分岐する構成を示したが、必ずしも2つに限られるものではなく、2つ以上のAOTFを用いてもよい。このように、多くの光信号のを用いて、1つのAOTFでドロップすべき光信号の内、互いに波長の値が最も近い光信号間の波長間隔を広げることができるので、クロストークをより減少させることができる。

【0043】図3は、AOTFを使ったブロードキャスト機に対応のOADM装置の構成例を示すブロック図である。図3(a)に示されるように、入力側から波長λ1～λnが波長多重されて送信されてくる。これを光アンプ40で増幅し、カプラ41に入力する。カプラ41では、入力した光信号を2つに分岐し、1つはAOTF42に入力し、もう1つはドロップして、トリビュタリ局のカプラ46に入力する。カプラ46に入力された光信号は、カプラ46で分岐される。分岐する数は、ドロップ光として使用される波長の数でも、全波長数でも

【0057】AOTFは、後述するように、入力光信号のTEモードの光とTMモードの光とを表面弾性波(SAW)との相互作用により、所定の波長の光信号のモードを変換し、出力ポートを変換するものである。ここで、AOTFは一般に、ニオブ酸リチウム等の換屈折率を持つ材料で構成されており、何の作用も受けないスルーする光信号のTEモードとTMモードとの間に伝搬速度の違いを生じる。このとき生じる時間差は、AOTFの1つのデバイスが3段構成になっているとした場合(後述)、50ps程度となる。ところで、本実施形態のOADM装置は、10Gbpsの伝送速度を有するシステムに使用することが望まれているが、10Gbpsの場合、1つのビットに与えられるタイムスロットは100ps程度である。従って、AOTFをスルーすることによって受ける偏波モード分散は、1タイムスロットの50%程度のずれを異なすモード間に引き起こすため、このままでは、光信号を正常に受信することができなくなってしまう。従って、ここでは、1つのAOTFを通過する毎に偏波モード分散補償を行うようにして、偏波モード分散を補償する方法としては、やはり偏波モード分散を有するPANDAファイバ等の軸をAOTFの軸と直交させるように接続する。このようにすれば、AOTF内で速く伝播していたモードはPANDAファイバ内では遅く、AOTF内で遅く伝播していたモードはPANDAファイバ内では速く伝播することに必要となる。AOTFの偏波モード分散を補償するために必要なPANDAファイバの長さは、AOTFの特性や、使用するPANDAファイバの特性にも依存するが、約20mである。

【0058】一方、波長選択された光信号、すなわち、ドロップ側の光信号の場合には、AOTFの内部で、SAWとの相互作用により、TEモードで入ってきた光信号はTMモードに変換されながら伝播し、TMモードで入ってきた光信号は、TEモードに変換されながら伝播するので、TEモードで分散を受ける時間とTMモードで分散を受ける時間が等しくなる。従って、最初、TEモードで入力された光も、TMモードで入力された光も、AOTF内部を伝播している間に、TMモードとTEモードとにそれぞれ変換されるため偏波モード分散が生じない。

【0059】偏波モード分散補償器PMDを通過した光信号は、光増幅器TFAに入力され、増幅媒体によって光信号が増幅される。AOTF1を通過してきた光信号は、AOTFのロスのためパワーが弱くなっており、AOTF2に入力してドロップされる光信号と、AOTF1でドロップされた光信号との間にレベル差が生じてしまうため、これを補償する必要があるのである。例えば、AOTF1つのロスは10dB程度である。光増幅器TFAで増幅された光信号はAOTF2で、例えば、50倍程度の波長の光信号が分岐され、残りの光信号はス

チモニタ部のスイッチは、入力する光信号を順次切り替えて、スペクトルアナライザSAUに光信号を送り、各場所での光スペクトルの値を解析し、モニタするために設けられている。スペクトルアナライザSAUはスペクトルアナライザコントローラSAU CNTによって制御される。スペクトルアナライザSAUは、順次切り換えられ、入力される光信号を解析する作業と並列的に解析結果のデータを出し、スペクトルアナライザコントローラSAU CNTで処理を受け、不図示の制御線によって、スペクトルの状態が各所で最適になるように制御信号が伝送される。あるいは、オペレータが出力向き、スペクトルの値を直接モニタすることができるようにも構成される。

【0054】光増幅器ILAの前後の増幅媒体で増幅された光信号は、伝送路での分散を打ち消すために、分散補償ファイバDCFが入力される。この後、更に、後段の増幅媒体に入力され、パワーの大きくなった光信号がOADM装置に入力される。なお、光増幅器の後段の増幅媒体に接続されているBSTは、ブーストと呼ばれ、増幅媒体、例えば、エルビウムドープファイバに光増幅を行うための励起光を供給するものである。

【0055】光増幅器ILAで増幅された光信号は、前述した冗長化のためのスイッチ部PSW1に入力される。このスイッチ部PSW1の詳細は省略する。スイッチ部PSW1を通過した光信号は、次に、チューナブルフィルタモジュールTFMに入力される。チューナブルフィルタモジュールTFMの入力には、光モニタが設けられている。これは、モジュール間がちゃんと接続されているか否かを監視するためのものであり、入力した光信号のパワーを検出して、不図示の制御部に通知する。不図示の制御部は、このモニタ結果を解析して、モジュールが正常に接続され、光信号が来ているか否かを判断する。例えば、モジュールが外れている場合など強度の強い光が漏れている場合には、側に人がいると、その人に危険が及ぶので、光スイッチを切るなどの処置をする。このような光モニタはチューナブルフィルタモジュールTFMの出力側にも設けられており、基本的に同じ役割をこなすものである。

【0056】光モニタを通過した光信号は、AOTF1に入力される。AOTF1は、チューナブルフィルタモジュールTFDのコントローラCNTからの制御信号によって、制御される。すなわち、コントローラCNTからの制御信号は、RF信号を生成する回路(図5)では、増幅器とPLL回路からなっていることが示されている。AOTF1及びAOTF2に印加される。AOTF1では、前述したように、例えば、偶数番目の波長の光信号が選択され、図5の上側のポートに出力される。AOTF1をスルーした光信号は、偏波モード分散補償器PMDに入力される。

【0050】OADMの入力側に1×2スイッチ60を設け、入力した光信号の進路を2つの進路に切り換えられるように構成しておく。1×2スイッチ60の2つの出力ポートは、現用のAOTFと予備のAOTFを接続し、それぞれAOTFの後段には、アド光を合波する上側が現用の構成となり、下側が予備の構成となる。それでは、1×2スイッチ61の2つの入力ポートに接続されている。1×2スイッチ61は、現用のAOTFからの光信号と予備のAOTFからの光信号とを切り替え、いずれかを伝送路に出力するようにしている。1×2スイッチ61はOADM装置の出力側に設けられる。

【0051】図(a)は、OADM装置外の伝送路の冗長構成を示した図である。伝送路が現用と予備に2重化されており、OADMの入力側に1×2スイッチ62が設けられている。1×2スイッチ62は、現用伝送路と予備伝送路のいずれかを選択して、光信号をAOTFに送る。AOTFの次段にはアド光信号を合波する合波器が設けられ、1×2スイッチ63が入力する。1×2スイッチ63の出力ポートは、現用伝送路と予備伝送路に接続されており、1×2スイッチ63がいずれかの伝送路を選択して光信号を送出するように構成される。

【0052】なお、図(a)、(b)では、AOTFのみ、あるいは、伝送路のみが2重化されている場合のみを示したが、伝送路とAOTF両方が2重化されている構成も可能である。この場合には、OADM装置の入力側及び出力側の1×2スイッチを2×2スイッチに置き換え、現用と予備の伝送路及び現用と予備のAOTFそれぞれを2×2スイッチの入出力ポートに接続するようになる。すなわち、この場合には、2×2スイッチが接続された場合には、対処できないので、2×2スイッチも2重化しておくこと、より信頼性の高いシステムを構築することができる。すなわち、現用及び予備伝送路それぞれに1×2スイッチを設け、現用の2×2スイッチと予備の2×2スイッチのいずれに光信号を入力すべきかを選擇できるようにしておく。そして、2×2スイッチの後段にも1×2スイッチを設け、現用と予備のいずれの2×2スイッチから光信号を受け取るかを選擇できるようにしておく。この構成は、OADM装置の入力側及び出力側のいずれの場合にも適用でき、AOTF及び伝送路のみではなく、現用と予備を切り替えるためのスイッチも2重化したOADM装置を構成することができる。

【0053】図5、6は、AOTFを使用したOADM装置の具体的な構成の第1の例を示す図である。伝送路上入力された光信号は、まず、光増幅器(Im-Line Amp)に入力される。光増幅器は、2つの増幅媒体を持っており(三角で示されている)、前段の増幅媒体で増幅される前の光信号の一部が分岐され、光スペクトルモニタ部のスイッチに入力される。この光ス

よい。カプラ46で分岐された光信号は、波長λ1〜λnまでの波長の光信号を含んでいるので、この中から、ドロップ光として使用する波長の光を波長選択フィルタ48で選択して、抽出する。

【0044】一方、AOTF42に送られた光信号は、波長選択フィルタ48で選択された波長をAOTF42で選択し、選択ポートに出力させる。選択ポートはどのにも接続されておらず、選択された光信号は捨てられることになる。AOTF42の後段にもAOTF43が設けられているのは、図2で説明したように、一方のAOTFでドロップすべき波長の光信号の一部をドロップし、他方で残りの波長の光信号をドロップしようとするものである。このようにすることによって、波長選択におけるクロストークを低減することができる。

【0045】2段のAOTF42、43を通過したスルー光はカプラ44に入力され、アド光と合波される。アド光は、図2で説明したのと同様に、光源からの光を波長選択フィルタ49で所望の波長の光を選択し、次に波長器50で変調してカプラ47に入力される。カプラ47で合波されたアド光はカプラ44に入力され、スルー光と合波されて、光アンプ45で増幅され、伝送路に送られる。

【0046】なお、ここでは、アド光信号は、光源からの光を波長選択フィルタ49で選択した後変調器50で変調をかける構成を示したが、光源からの光に変調をかけ、後に波長選択しても同様にアド光信号を生成することができる。

【0047】図(b)は、ブロードキャスト機能を説明する図である。図(a)のOADM装置が図(b)のように伝送路で接続されている場合、波長λ1の光信号をOADM1〜3でブロードキャストしたいとする。OADM1では、波長λ1をドロップし、AOTFでは波長λ1を選択せず、また、波長λ1のグリッドに光信号をアドしないようにする。すると、波長λ1の光信号はOADM1をスルーし、次のOADM2に入力される。OADM2でも波長λ1の光信号をドロップし、AOTFでは波長λ1を選択しないようにする。すると、同様に波長λ1の光信号はOADM3に伝送される。OADM3では、波長λ1をドロップすると共に、AOTFで波長λ1を選択し、波長λ1の光信号を波長器50で変調し、波長λ3から出力される光信号は、波長λ1の新しい光信号がアドされない限り、波長λ2〜λnまで多重された光信号となる。

【0048】このように、図(a)の構成によれば、OADM1〜3に波長λ1ののつた同じ光信号をドロップすることができるので、ブロードキャスト通信を行い、場合によっては実現できるといふ利点がある。

【0049】図4は、OADM装置内のAOTF及び伝送路の冗長構成を示す原理図である。図(a)は、OADM内のAOTFの冗長構成を示している。

ルーしていく。

【0060】AOTF1とAOTF2で分岐されたドロップすべき光信号は、2×2カプラで合波され、再び光増幅部TF Aで増幅され、トリビュタリ局へ送信される。一方、2×2カプラ1のもう一方のポートからは、光アッテネータを介して光スベクトルモニタ部のスベクトルアナライザSAUに入力され、ドロップされた光信号の波長及びパワーが所定の基準を満たしているか否かが検出される。

10. 【0061】AOTF2をスルーした光信号は、前述したように、偏波モード分散補償器PMDに入力され、偏波モード分散が補償された後、光モニタ部を介してスイッチ部PSW2の2×2カプラ2に入力される。スイッチ部PSW2の2×2カプラ2には、アド光信号も入力される。アド光信号は、光増幅器PWA1で増幅され、トリビュタリ局からの伝送ロスによる損失が補償される。更に、分散補償ファイバDCFによる分散が補償され、2×2カプラ2に入力される。2×2カプラ2で合波されたスルー光信号とアド光信号は、冗長化のためのスイッチを介して、光増幅器PWA2に入力され、ブースタBST3、4からの励起光により増幅され、カプラで分岐される。大部分の光信号は、カプラから伝送路に出力されるが、一部は光スベクトルモニタ部に送られ、波長ずれや各波長の光信号のパワーが解析される。光増幅器PWA2による光信号の増幅は、OADM装置全体を通過することによるロスを補償するためのものである。

30. 【0062】図6は、図5のOADM装置を使ったシステムにおけるトリビュタリ局の構成例を示した図である。チューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされた光信号は、トリビュタリ局の波長分岐器で各波長に分岐される。同図の場合、波長λ1～λ32までの32波に分岐されている。これらの各波長の光信号は、既存光ネットワークの光電気変換部OEで受信され電気信号に変換された後、当該ネットワーク用の信号、例えば、1波長ネットワークの場合には、そのネットワークで使われている波長の光信号に変換され、伝送される。一方、既存光ネットワーク等の信号出力部では、電気光変換部EOで電気信号が図5でドロップされた光信号の波長λ1～λ32に変換されて、送出される。これらの光信号は、アッテネータで相対的レベル調整が行われ、合波器で合波されて、図5のOADM装置にアド光信号として送出される。

【0063】なお、同図では、ドロップ光信号の波長は32個あり、この32個の波長全てが使用されているように示されているが、システムの構築当初では、これらの波長を全て使用する必要はなく、一部の波長のみを使用してもよい。この場合、図5のチューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされる波長も32波以下に設定される。

ある。これは、AOTFの波長選択特性の半値幅が比較的広いので、クロストークをできるだけするためになされている処理である。

【0069】AOTF2をスルーした光信号は、再び、偏波モード分散補償器PMDによって偏波モード分散が補償されてから、光モニタ部を通してスイッチ部PSW2の2×2カプラ2に入力され、アド光信号と合波される。同図の場合、ドロップの波長が4波であるので、アド光信号の波長も4つの同じ波長を使用する。

カプラPL4には、1×8カプラが設けられており、将来のアップグレードに対応できるように構成されているが、現在使われているのは1～4番のポートのみである。カプラPL4で合波された各波長のアド光信号は、光アンプPWA1で増幅され、分散補償ファイバDCFで分散が補償されてから、スイッチ部PSW2の2×2カプラ2に入力される。そして、スルー光とアド光が合波され、プロテクションスイッチ（現用、予備を切り替えるスイッチ）を通過して、OADM装置の出力側の光アンプ部PWA2に入力される。そして、光アンプ部PWA2に入力した光信号は、励起光源BST3、BST4からエネルギーを与えられて、パワーが増加した後、カプラCPLを介して伝送路に出力されていく。なお、カプラCPLで分岐された一部の光信号は、スベクトルアナライザユニットSAUに送られ、OADM装置から出力される光スベクトルの状態が解析され、OADM装置が正常に動作しているか否かのモニタに使用される。

【0070】図8は、トリビュタリ局のアド光送信側の構成を示す図である。アド光信号送信部は、レーザバンクと光変調部及び不図示の電気ADM装置（EADM）からなっている。送信すべきデータは電気ADM装置から電気信号として送信されてきて、レーザバンクからの光を変調する駆動信号として使用される。

【0071】レーザバンクは、複数の互いに異なる波長の光を出力するレーザダイオードからなり、これらがレーザダイオードユニットLDU#1～#4に収納されている。ここでは、障害発生時に対応するため冗長化がなされており、レーザダイオードユニットLDUは、現用（Work）と予備（Protection）とが用意されている。また、アドする光信号の波長が1～32のいずれの波長にも変更可能なように、異なる波長を出力するレーザダイオードが32個設けられている。これらのレーザダイオードから出力される光は、合波器で合波され、1～32の波長の光が波長多重化された光を生成する。レーザダイオードユニットが冗長化されているのに、対応して合波器も現用と予備が設けられている。

【0072】合波器から出力された光は、光アンプ部で増幅される。光アンプ部も冗長化されており、光アンプ部の構成は、増幅媒体を2つ設け、その間にアッテネータを挟み込むようになっている。これは、間にアッテネー

タを入れることによって、後段の増幅媒体への光の入射強度を調整する作用を得る為である。増幅媒体で増幅された光信号は、カプラCPLで一部が分岐されて、カプラCPL3に入力される。分岐された光信号は、スベクトルアナライザユニットSAUに入力される。スベクトルアナライザユニットSAUの構成は、スベクトルアナライザコントローラSAUCNTと、これに制御されるスベクトルアナライザSAUとからなり、カプラCPLはシステムのオペレータが手動でレーザバンクからの出力光の検査をする場合に必要で出力光を光モニタポートに出力するものである。スベクトルアナライザユニットからの解析結果は略記されているレーザダイオード制御部LDCに送られ、レーザダイオード制御部LDCも冗長化されている。

【0073】このように、異なる波長のレーザダイオードを複数用意し、これらの光を合波して使用するの、発振波長を可変できるレーザが非常に不安定で、発振波長が精密に安定している必要がある光通信においては、十分な機能を得られないからである。

【0074】複数のレーザダイオードから出力された光を合波したのは、光増幅器で増幅された後、カプラCPL3の1×8カプラに入力される。1×8カプラでは、入力された光をアド光信号の波長として使うだけ分岐し、光変調部に送る。今の場合、アド・ドロップす光信号の波長は4つだけであるとしているので、実際に光接続されているのは、1×8カプラの4つのポートのみである。残りのポートは反対方向の通信回線用に設けられている光変調器（不図示）に光を供給するために使用される。

【0075】1×8カプラの出力ポートに接続されたファイバは、アドする光信号の波長分岐けられた変調器を有する光変調部に送られる。同図では、内部構成は、1つについてのみの記載となっているが、実際には、同じ構成の変調装置が4つ設けられている。レーザバンクから送られてきた光は波長選択部TFR1の制御のAOTFで、先ず、アド光として使用する波長の光が選択される。この選択された波長の光は変調器部の変調器Modに入力される。一方、電気ADMからは、所定の波長の光信号としてデータが送られてきて、受信器ORで受信され、電気信号に変換される。この電気信号は分配器で分岐され、デジタルフリップフロップDFFと電気増幅器を介して変調器Modに印加される。変調器Modは、この電気信号の印加を受けて、波長選択部の前段のAOTFで選択された波長の光信号を調整し、出力する。変調された光信号は1×2カプラで分岐され、一方がコントローラで検出され、所望の変調が行われているか否かが確かめられる。この検出の結果は、電気増幅器にフィードバックされ、変調器Modが安定して動作す

長を選択するようにする。AOTFはチューナブルフィルタドライバTFDによって駆動される。OADM装置でドロップされた光信号は、全て2段のAOTFによって選択され、2段目のAOTFのスルーポートには、原理的にノイズ以外光信号は出てこない。従って、2段目のAOTFのスルーポートから出力される光は破壊する。その他の構成及び動作は、OADM装置のAOTFによる光信号のドロップのための構成及び動作と同じなので、説明を省略する。

【0096】図113は、アド光信号を生成するための光を提供するために使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図である。任意波長型のOADMシステムを構築するためには、任意の波長の光信号をドロップできるだけでなく、対応する任意の波長の光信号をアドできなくてはならない。そのためには、トリビュタリ周回で任意の波長の光信号を生成できなくてはならないので、波長を任意に変えることができる光周回が必要である。しかし、現在光周回として広く使われているレーザダイオードは、波長を変えることが難しい。というのも、もともとレーザというのは、発光媒体を反射鏡で囲んで、反射鏡間で光を往復させる間に強度の強い光を放出するという構成をとっており、発光波長はこの発光媒体の特性と、反射鏡間の光学的距離に依存する。特に、同じレーザで異なる波長を発振せよとする場合には、反射鏡間の光学的距離を変えなくてはならないが、この方法があまりないというのが現状である。現状考えられる光学的距離の変更の仕方としては、反射鏡の位置を機械的に移動させるか、温度を上下して、発光媒体の屈折率を変化させるといふぐらいである。反射鏡を機械的に動かすのは、レーザが可動部を有することになるので、反射鏡の位置が狂いやすくなり、安定したレーザを発振を行うことができない。また、温度を上下して波長を変化させる場合には、レーザの構成に可動部がないので、安定した発振はできるが、温度上昇などによる波長の変化が小さいので、波長多重システムのグリッド全体をカバーすることはできない。

【0097】そこで、本実施形態では、使用可能な周波数のある全ての波長を発振する個々のレーザダイオードを用意しておき、これらが発振するレーザ光を束ねて一つの光とし、これを様々な所に使用することとした。

【0098】レーザバンクの構成は、同図に示されている通りであり、波長 $\lambda 1 \sim \lambda n$ をそれぞれ発振波長とする

るレーザダイオード139を設け、それぞれが発振させる。それぞれが発振する波長は、スペクトルモニタ133で監視され、予め定められている基準波長値と比較し、ずれが生じた場合には、発振波長にずれの生じたレーザダイオード139の駆動電流あるいは温度を調整して、発振波長が所定の値になるように調整される。

【0099】各レーザダイオード139が発振する光信号は、合波器138で合波され、一つの光とされる。そして、光アンプ136で増幅され、分配器131で必要数だけ分岐される。

【0100】この光を使用する場合には、AOTF等のチューナブルフィルタ132、あるいは、使用する波長が固定されているのであれば、選択波長の固定されているバンドパスフィルタ等が必要な波長をレーザバンクからの光から抽出し、外部変調器135で変調をかけ、光アンプ137で増幅して送出する。

【0101】このように、複数の波長の異なる光源の光を合波して、これを利用するようにすれば、光源の発振している波長の光であれば、どの波長であってもフィルタで抽出して使うことができる。特に、波長分割多重通信システムでは、各チャネルの光信号の波長がITU-Tの勧告で規定されているので、それ以外の波長を任意に使用することはないと考えてよいので、レーザバンクを使用すれば十分である。

【0102】図14～図20は、OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図である。なお、図にはAOTFが1つしか記載されていないが、前述したようなAOTFを2つ用いる場合も同様である。

【0103】図14は、OADM装置を含むOADMシステムの初期状態を示している。入力側から例えば、32波の波長多重光信号が送信されてきた場合に、まだシステムが稼働する前は、光信号がどこにも出力されない状態が好ましい。そこで、OADM装置のAOTF140は、32波全ての波長を選択するように、RFF信号を発振器からRFF信号をAOTF140に印加する。すると、入力側から入力された32波全ての波長はドロップされてしまい、スルー側（出力側）には光信号が出力されない。従って、32波全ての光信号は、トリビュタリ周回へ送信される。トリビュタリ周で分岐し、各波長の光信号を光カプラー142で受取り、各波長の光信号を選択するAOTF143に送る。通常動作時では、AOTF143は、ドロップすべき波長を選択するのであるが、初期状態では、AOTF143に入力側から伝送されてきた32波の光信号からは、漏れ光等が生じない程度に十分離れた位置を選択波長とするようなRFF信号を入力する。このようにすれば、32波の内、AOTF143で選択される波長がないので、光受信器144に送信される光信号は存在しない。このように、システムの初期状態では、全てのパスが閉じられ、どこも光信号を受信しない状態となる。

【0097】そこで、本実施形態では、使用可能な周波数のある全ての波長を発振する個々のレーザダイオードを用意しておき、これらが発振するレーザ光を束ねて一つの光とし、これを様々な所に使用することとした。

【0098】レーザバンクの構成は、同図に示されている通りであり、波長 $\lambda 1 \sim \lambda n$ をそれぞれ発振波長とする

【0104】なお、AOTF143は、常に1波長を選択するためのRFF信号が印加されるので、光信号を選択しない場合にも、32波以外の場所を1つ選択するようなRFF信号を印加しておく。これにより、AOTF143に印加されるRFF信号のパワーが光信号を選択する場合同じになり、AOTF143の動作を安定化させることができる。

【0105】図15は、OADM装置によるドロップが行われない場合のAOTFの制御方法を示している。スルーする場合には、AOTF140には、32波の波長以外の場所を選択波長を設定するようなRFF信号をRFF信号発振器141で生成して、印加する。RFF信号は光信号は選択しないが、32波の波長を選択するような32個の周波数からなるRFF信号が印加される。これは、図14のとき、AOTF140に32波分のRFF信号が印加されていたので、AOTF140の特性をあまり大きく変えないようにするため、わざと32個の周波数のRFF信号を印加しているのである。

【0106】これにより、32波全ての光信号はスルー側（出力側）に送信される。トリビュタリ周回には、2波の光信号が印加される。したがって、光カプラー142にも光信号が入力されないが、AOTF143は、32波以外の波長位置を選択するようなRFF信号を印加しておく。このRFF信号は1波のみを選択するような、1個の周波数からなるRFF信号である。これは、前述したように、AOTF143の動作が、RFF信号のパワーの変化によって変わってしまわないようにするためである。従って、光受信器144では光信号は検出されない。

【0107】図16は、OADM装置でドロップはしないが、入力される光信号が波長毎に異なるパワーを有している場合のAOTFの制御方法を説明する図である。なお、同図では、波長が $\lambda 1 \sim \lambda 32$ に行くに従ってパワーが大きくなる、いわゆる、チルトが起きている場合のみを示しているが、各波長のパワーが全くバラバラでも同じ作用を得ることができる。

【0108】すなわち、AOTF140に印加されるRFF信号のパワーの違いにより、ドロップされる光信号のパワーも異なってくるので、RFF発振器141からは、パワーの大きい波長の光信号をより多くドロップするようにし、パワーの小さい波長の光信号はより少なくドロップするようにする。スルー側（出力側）に出てくる光信号はパワーが揃って出てくるようになる。一方、トリビュタリ周回には、AOTF140に入力された時のパワーに応じた量のドロップ光が送れることにな

る。この光は、光アンプで増幅された後、光カプラー142で分岐されるが、AOTF143の選択波長を32波の波長域から十分離れた位置に設定することにより、AOTF143からは光信号が出力されない。従って、光

【0115】図18は、トリビュタリ周回での選択波長のトラッキングについて説明する図である。OADM装置のAOTF180からドロップされた光信号は光カプラー181でドロップされた波長数分（同図では4波）に分岐され、AOTF182で各波長が選択される。しかし、温度変化やRFF信号の周波数のずれなどにより、

受信器144では、光信号を受け取ることが無く、ドロップ動作は行われないことになる。

【0109】このように、AOTF140を波長をドロップするのみに使うのではなく、波長毎のパワーの違いをなくすために使用することによって、システムの伝送品質の向上に役立てることができる。

【0110】なお、AOTF140には、やはり、常に32個分の波長を選択するための32個の周波数のRFF信号を印加するようにしておき、AOTF143には、1波のみを選択するための1個の周波数のRFF信号を印加するようにしておく。これにより、AOTF140及び143の動作を波長を選択するか否か、あるいは、選択する波長の数によらず、安定させることができる。

【0111】なお、上記した波長毎のパワーの違いを揃える動作は、制御CPUを設けておいて、ソフトウェアで行うようにしてもよい。図17は、OADM装置でドロップを行う場合の各AOTFの制御方法を説明する図である。

【0112】ここでは、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 32$ の内、 $\lambda 2$ と $\lambda 32$ のみをドロップする場合を考える。入力側から32波の光信号が入力されると、AOTF140には、波長 $\lambda 2$ と $\lambda 32$ とを選択するようにRFF信号が印加されると共に、AOTF140の動作を安定化させるために、32波の光信号の波長から十分離れた位置に30波を選択するような30個の周波数のRFF信号をRFF信号発振器141で生成して、印加しておく。これにより、AOTF140に印加されるRFF信号は32波分を選択するものとなるが、実際にドロップされる光信号は波長 $\lambda 2$ と $\lambda 32$ のみである。残りの波長の光信号はスルー側（出力側）へ送出される。

【0113】ドロップされた波長 $\lambda 2$ と $\lambda 32$ は、トリビュタリ周回へ送られ、光カプラー142で分岐され、AOTF143に入力される。AOTF143は、1波のみを選択するように1波のみを選択するための1つの周波数のRFF信号が印加される。AOTF143の一方は、波長 $\lambda 2$ を選択し、もう一方は波長 $\lambda 32$ を選択する。このようにして、光受信器144の一方では、波長 $\lambda 2$ の光信号が受信され、もう一方では、波長 $\lambda 32$ の光信号が受信される。

【0114】このように、AOTF140と143には、常に同じパワーのRFF信号を印加するようにしておき、AOTFの動作の安定を図る。また、波長多重された光信号時間のパワーの違いを抑える働きも持たせることができる。

【0115】図18は、トリビュタリ周回での選択波長のトラッキングについて説明する図である。OADM装置のAOTF180からドロップされた光信号は光カプラー181でドロップされた波長数分（同図では4波）に分岐され、AOTF182で各波長が選択される。しかし、温度変化やRFF信号の周波数のずれなどにより、

ドロップされた光信号の波長とAOTF182の選択波長とが一致することがある。従って、AOTF182で選択された光信号を監視し、光信号の波長とAOTF182の選択波長とを一致させる必要がある。そこで、AOTF182の後段に例えば、10:1カプラー183を設け、大半を光受器で受信すると共に、一部をフォトダイオードPD185でパワーを検出して、その結果をトラッキング回路186に送るようにする。トラッキング回路186では、AOTF182に印加するRFF信号の周波数を検出して、あるは、AOTF182に印加するRFF信号の周波数に低周波成分を重ね加し、PD185で受信される光信号のパワーの変化を検出し、各PD185で受信する光信号のパワーが最も大きくなるように制御する。これは、RFF信号の周波数を大きくし、中心の周波数のとき光信号の受信パワーが最大であることを示す。トラッキング回路186は、このような状態を検出するようにRFF信号を調整して、トラッキングを行う。

[0116] 図19は、OADMシステムAOTFの全体の制御を示す図である。同図で、図18と同じ番号のついていっているものは同じものなので詳しい説明を省略する。

[0117] OADM装置AOTF180でドロップされた光信号が光カプラー194で分岐され、1×4光スイッチを介して光スペクトルモニタ192に投入される。これは、OADM装置AOTF180が光信号の波長を選択する場合に、適切に、ドロップすべき光信号の波長を選択した動作を行っているか否かを検出するためのものである。すなわち、ドロップすべき光信号の波長とAOTF180の選択波長特性とが一致している場合には、ドロップすべき光信号の波長を完全にドロップすることができず、光信号に波長劣化などを引き起こして好ましくない。AOTF180に印加するRFF信号の周波数とパワーを制御するためである。光スペクトルモニタ192の解析結果は、OADM装置制御CPU193に投入され、AOTF180に印加するRFF信号の制御信号が出力される。

[0118] また、図18で説明したトラッキング回路186もOADM装置制御CPUと情報を交換し、AOTF182を適切に動作するように制御する。トリビュタリ局のアド光信号生成側は、LDバンク202から出力された光が、光カプラー201によって分岐され、AOTF200によって波長選択されるが、この波長選択も適切に行われているか否かを監視し、AOTF200を制御するために、光カプラー199で光を分岐し、PD198で受光して結果をトラッキング回路203に投入する。トラッキング回路203はOADM装置制御CPU

ンスは以下のようにする。すなわち、AOTF182を最初に駆動し、動作が安定したら、次にAOTF180を駆動する。AOTF180の動作が安定したら、光受器184でドロップ光信号を受信する。次にAOTF196、200を駆動し、動作が安定したら、光受器197を駆動し、アド光信号を送出する。

[0123] 図20は、AOTFへのRFF信号の印加の仕方を説明する図である。AOTFに突然RFF信号を印加すると、対応する光信号が突然選択され、出力される。ところで、AOTFはロスが大きいので、通常AOTFの後段に光アンプが挿入される。この構成において、AOTFが突然光信号を選択し、光アンプに急に強度の大きい光が入力されると、光アンプに起きる光が50~60msの時間をかけて立ち上がる必要がある。そこで、RFF信号のパワーを50~60msかけて徐々にいったいパワーまで上げるようにする。このようにすれば、AOTFで選択される光のパワーはRFF信号のパワーに一つ一つに対応するので、光50~60msかけて立ち上がるようになる。RFF信号の立上げ方としては、アナログ的に増幅器に上昇させる方法もあるが、デジタル制御することを考え、50~60msをn(nは自然数)ステップに分けてRFF信号を上昇させるようにする。nは、設計時に回路をできるだけ簡便化しながら最適な効果が得られるように設定されるべきものである。

[0124] 以上説明したような、AOTFを用いたOADMでは、次のようなアップグレードが可能である。即ち、OADMの初期導入時には、アドするチャネル(波長)及びドロップするチャネル(波長)を固定しておき、チャネル固定型のOADMとして運用する。この場合、AOTF10に印加するRFF信号周波数f1、f2、...、fnを固定することによって実現できる。アド/ドロップするチャネルが固定であるため原理的にはRFF信号周波数を変化させる必要がなく、制御が容易である。

[0125] 次に、任意のチャネル(波長)をアド/ドロップする機能を有する任意波長型のOADMが要求される場合には、AOTF10に印加するRFF信号周波数f1、f2、...、fnを可変にする機能を設けるだけである。例えば、図1において、ドロップするチャネルを要する場合には、AOTF10に印加するRFF信号周波数を要するチャネル(波長)に合わせて変更すればよい。また、アドするチャネルを要する場合には、LD19、8×8カプラーから構成されるレーザバンクを設け、8×8カプラーから出力されるWDM光(波長多重された光)から選択する波長をAOTF14でチューニングすればよい。この場合は、AOTF14に印加するRFF信号周波数を選択する波長に合わせて変えられる。

[0126] このように、AOTF及びレーザバンクを用いることにより、OADMのハードウェアをほとんど変更することなく固定波長型から任意波長型へのアップグレードが可能となる。

[0127] 図21は、AOTFの構成を示す図である。AOTFは、ニオブ酸リチウムの基板に同図太線のように光導波路を形成し、導波路の交叉する部分に偏光ビームスプリッターPBSを設けている。RFF信号は、IDT (inter digital transducer) と呼ばれる、節を交互にかみ合わせたような電極に印加される。IDTに所定の周波数のRFF信号が印加されると、弾性表面波(SAW)が発生し、基板の表面を伝播する。このSAWが伝播することにより影響は、基板内部の光導波路にもおよび、屈折率を周期的に変化させて、基板内部に薄い波長板のような構造を形成する。SAWガイドは、基板表面に貼り付けられた金属膜であり、SAWはこのガイドに沿って進行する。

[0128] 光入力から入力される光信号は、TEモードとTMモードとが混在したものであるが、PBS1でTMモードとTEモードに分かれた別々の導波路を伝播する。ここで、入力された光信号のうち、SAWとちょうど相互作用する波長の光があると、上記した、薄い波長板の作用により、TEモードとTMモードとが入り替わり、PBS2でその波長の進行方向が変わる。従って、PBS2での当該波長の進行方向が変わり、ドロップ光信号として出力される。一方、SAWとちょうど相互作用する波長以外の波長の光は、SAWの影響がランダムに働き、TEモードとTMモードの入れ換えが起こらない。従って、そのような波長の光は出力カスル光として出力される。

[0129] 同様に、同図のアド光信号が入力されると、PBS1でTEモードとTMモードとに分岐され、進むが、アド光信号はドロップ光信号と同じ波長を有しているため、SAWと相互作用し、TEモードとTMモードとが入り替わり、光出力として送出される。このようにして、光信号のアド動作が行われる。

[0130] ところで、ニオブ酸リチウムは、複屈折の特性を有している。TEモードの伝播速度とTMモードの伝播速度は導波路内で異なってしまう。従って、モード変換を受けない波長の光は偏波モード分岐を受けたまふ光出力として送出されてしまう。一方、モード変換を受ける波長の光は導波路内でほぼ同じ時間TEモードとTMモードでいるので、両方のモードで伝播する光学的長さが同じとなり、偏波モード分岐は打ち消されて出力される。

[0131] なお、このようなAOTFにおいては、導波路のパラメータ(長さ等)を適切に選んでやると、ロスを小さくしたり、選択特性の波長幅を狭くすることができ、選択特性の波長幅を狭くすることにより、クロストークを小さくすることができる。また、SAWガイドを斜めに配置したことによっても、波長選択特性のサ

号は、分散補償手段に入力され、分散補償される。分散補償手段から出力された光信号は、後段の光アンプによって、例えば80km伝送し、次の光中継器まで光信号を送信するに必要とされるレベルまで増幅される。

【0170】同図(b)中段は分散補償手段のロスが小さい場合に可能な構成である。伝送されてきた光信号は、増幅されないまま分散補償手段に入力され、分散が補償されてから、光アンプで増幅される。この場合は、分散補償手段のロスが小さいので、分散補償手段を通過した後の光信号のレベルがあまり小さくないというので、後から光アンプで増幅してもSN比をあまり悪くすることない。

【0171】一方、同図(b)下段は、分散補償手段がファイバグレーティングを使ったものに非線形効果果をあまり示さない場合に可能な構成である。この場合には、光アンプで光信号を増幅してから分散補償手段に入力している。光アンプで光信号は非常にパワーの大きい信号となるが、分散補償手段が非線形効果をあまり示さないので、非線形効果による波形劣化を招く恐れがほとんどない。従って、先に光アンプを設けることが可能である。このとき、分散補償手段のロスが大きいくとも十分にSN比を維持するので、分散補償手段を通過した後に光アンプで増幅している。分散補償手段を通過した後も十分にSN比を維持することができる。

【0172】分散補償手段としては、分散補償ファイバを使うことが一般的であるが、分散補償ファイバは、ロスが大きく、しかも入力する光信号のレベルが所定値より大きく非線形効果を示すので、入力する前には、所定値より小さいレベルまで光信号を増幅し、分散補償後再び遠くまで伝送するために光パワーを挙げてやる必要がある。従って、分散補償ファイバを分散補償手段として使用する場合には、同図(b)の上段の構成を使用するのが好ましい。

【0173】図31は、OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。OADM装置では、ドロップされる光信号に対しては、図30の送信部から受信部に送信される光信号と同様に分散補償を受けられるように構成される。

【0174】同図(a)では、送信側から伝送されてきた光信号は、図30の伝送路中に設けられる分散補償手段の分散補償量と同じ1200ps/nmの補償量を有する分散補償手段によって分散補償され、OADM装置に入力する。スルーする光信号は、OADM装置がなかったようにそのまま伝送されていく。一方、ドロップされる光信号も1200ps/nmの補償を受けて、ドロップされトリビュタリ局に送信されるので、トリ

器との組み合わせで行う方法が提案されている。

【0165】実システムにおいては、使用する伝送路の分散値、非線形効果、非線形効果の効率に大きく影響する各波長の伝送損失がパワー等によってばらつきが生じる。これらばらつきが生じた場合でも伝送特性に影響を与えない方法を適用する必要がある。また、光波ネットワークにおいては、各波長は任意のノードで、分岐、挿入されるため、波長によって伝送ルートが異なる。この場合でも伝送品質を保持する必要がある。

【0166】従って、本実施形態では、プリチャープと分散補償とを組み合わせて、さらに分散補償の挿入位置、分散補償量、送信部でのプリチャープ量(αパラメータ)の最適化により問題を解決する。

【0167】以下に、具体的に説明する。OADMシステムは、同図(a)に示されるように、送信部と受信部の間を伝送路で結び、伝送路中に、光アンプや分散補償手段、OADMノードが接続された構成となっている。送信部は、各電気信号を波長11〜1nmまでの光信号に変換するE/O装置が設けられ、これらによって生成された光信号がマルチプレクサMUXによって波長多重化された光信号がマルチプレクサMUXによって波長多重化された光信号は光アンプで増幅されて伝送路に送出される。波長多重化された光信号は光アンプで増幅された後、伝送路に送出される。伝送路の分散量は16ps/nm/kmで、80kmで(光アンプ間やOADM装置間等ノード間の伝送路のことをサブ間と呼ぶ)、4スパン(送信部と受信部の間にノードとして3つ入っている構成を示す。同図の場合、ノードとして2つの光アンプと分散補償手段の組み合わせ2つとOADMノードが1つ入られている。)の場合、送信部の分散補償手段の補償量は、例えば、-700ps/nmと波長多重化された光信号を分散するデマルチプレクサDMUXと、分散された波長の光信号を電気信号に変換するO/E装置とからなっている。ここで、受信部の分散補償手段の補償量は例えば-1200ps/nmである。このとき、受信部でのトレランスは±200ps/nmとなる。

【0168】このように、各分散補償手段の分散量を設定してやると80kmを4スパン伝送する波長分割多重システムにおいては、最適な分散補償をすることができ、同図(b)は、分散補償手段を構成する場合の光アンプとの組み合わせの波形例を示した図である。

【0169】同図(b)上段は分散補償手段が非線形効果を示しやすく、しかもロスが大きい場合の構成である。まず、分散補償手段のロスを補償し、しかも分散補償手段内で非線形効果が起こらないようにするために、所定のレベルまで光信号のレベルを増幅する前段光アンプを設ける。ここで、所定のレベルまで増幅された光信

れぞれ位相遅延無し、120°位相遅延、240°位相遅延の三種類とされて、スイッチに入力される。スイッチは、AOTFで選択すべき波長の数等から発振器OSC1が1〜3のAOTFの各段に印加するべき位相を選択するためのものである。

【0160】同図の構成のみが示されているが、他の発振器OSC2〜OSC8に対応する構成もまったく同じである。このように構成することにより、各発振器OSC1〜OSC8が発振するRF信号を所望の位相差を付けて各段のAOTF#1〜#3に加えることができるので、発振器OSC1〜OSC8の発振周波数が変わった場合にも、AOTFに適切な位相制御を行ったRF信号を印加し、選択された波長の光信号のパワーのピークを平滑化することができ

る。

【0161】また、上記説明では、位相遅延量は120°単位であったが、設計上最も良い位相遅延量を設定すべきであって、本実施形態のように必ずしも120°に限られたものではない。

【0162】図30は、OADM装置を含むOADMシステムのシステム設計を説明する図である。WDM伝送システムに適用する光アンプとしては、1.5μm帯に広い利得帯域を持つエルビウムドープファイバアンプ(EDFA)が実用段階にある。しかし、現在世界的に最も普及している既設の1.3μm帯帯分散シングルモードファイバ(SMF)伝送路上で1.5μm帯帯信号の高速伝送を行う場合、あるいは使用波長帯域で分散値が零でないnon-zero-dispersion shifted fiber(NZ-DSF)伝送路を用いる場合、伝送路の波長分散特性あるいは分散特性と光ファイバ中で発生する非線形効果の相互作用で伝送波形が歪む。WDM伝送システムで分散特性との相互作用で波形劣化を引き起こす非線形効果は、伝送波長が1波長の場合でも発生する自己位相変調効果(SPM)と多波長の場合に発生する相互位相変調効果(XPM)の2つである。SPM、XPM共、伝送光信号に波長チャープを起させるものである。

【0163】これら光ファイバの分散特性に起因する影響は伝送速度、伝送距離を制限する大きな要因となる。このため何らかの方法でこれらの影響を抑圧する必要がある。

【0164】抑圧する方法として、伝送路で発生する分散と逆符号の分散を有する分散補償器を伝送路に挿入し、全伝送路の分散を小さくする方法が提案されている。分散補償器としては、ファイバグレーティングを用いたもの、光干渉計を用いたもの、伝送路と逆の分散特性を持つ光ファイバを用いたもの等様々な方法が提案されている。また、送信部で予めプリチャープをかける方法(ペーパースパン信号の光強度変調成分以外に波長分散による広がりを抑圧するために位相相または光周波数変調を意図的に施す方法)、プリチャープと上分散補償

後、ポート1から出力される信号は位相遅延を受けずカプラに入力され、AOTF#1に印加される。ポート2から出力されるRF信号は、240°の位相遅延を受け、カプラに入力され、AOTF#2に印加される。ポート3からのRF信号は120°の位相遅延を受けて、カプラに入力され、AOTF#3に印加される。

【0154】チャネル3用の発振器OSC3からのRF信号はディバイダで分岐された後、ポート1〜3のいずれの信号も位相遅延を受けることなく、1〜3段のAOTF#1〜#3に印加される。

【0155】後は、同様に、上記発振器OSC1〜OSC3までの位相遅延の仕方を繰り返して、発振器OSCnまでをカプラに接続し、1〜3段までのそれぞれのAOTF#1〜#3にRF信号が印加される。

【0156】位相遅延部としては、ケーブルを長くするか、トランスを設け、信号を取り出す位置を変えたり、遅延線を使用する等が考えられる。ただし、トランスを使用した場合には、信号を取り出す位置によりインピーダンスが異なったりするので、あまり、好ましいとはいえず、また、遅延線はRF信号の波形が崩れる恐れがあるため、本実施形態においては、ケーブルを長くすることによって位相遅延を与えている。ケーブルを使った場合、RF信号が170MHzの場合、120°遅延を与えるには、35cm余分に長くしてやればよく、240°遅延を与える場合には、70cm余分に長くしてやればよい。ただし、他の方法であっても、それぞれで欠点を解消するような方法をとれば、使用することができ

【0157】図29は、AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例である。図28の場合には、どのような波長の光信号をもドロップすることができ、各チャネル用の発振器を全て用意していたので、ドロップする光信号の波長が、対応しない発振器は、設けられてしまつたり、無駄な発振器を用意していることになる。

【0158】ところで、電気信号の発振器は通常発振周波数を変えることができるようになっていて、発振器をドロップする波長の数だけ用意しておき、ドロップする光信号の波長が変わったときには発振器の発振周波数を変換させることによって、対応するような回路構成も可能である。このような構成の概略を示したのが同図である。

【0159】ここでは、ドロップされる光信号の波長数は8個であると決められているとする。この場合、発振器はOSC1〜OSC8の8つのみを設けておく。各発振器OSC1〜OSC8から出力されるRF信号は、3段のAOTFのいずれかに印加するためにディバイダで三分岐され、三分岐されたRF信号は、更に後段のディバイダによって3つに分岐される。このようにして後段のディバイダによって3つに分けられたRF信号は、そ

スイッチを設けている。このようにすれば、1～nの分散補償手段それぞれに光スイッチを設ける必要がなくなる。入力された光信号は、光カプラで分岐され、全ての分散補償手段に等しく入力され、分散補償されるが、1×n光スイッチで、最速に分散補償された光信号を選択して出力するようになっている。

【0180】図33(a)は、入力側に1×n光スイッチを設け、1～nの分散補償手段のいずれか1つ、最速に分散補償することのできる分散補償手段に光信号を入力するように構成されている。1×n光スイッチで光路が選択された光信号は、対応する分散補償手段を通して、光カプラを介して出力される。

【0181】図33(b)は、光カプラを使用する代わりに1×n光スイッチを使用する構成例を示している。入力した光信号は1×n光スイッチで光路が決定され、1～nのいずれかの分散補償手段に入力される。出力側の1×nスイッチは、光信号が入力された分散補償手段からの光信号を通して光路をスイッチングし、光信号を出力させる。

【0182】図33の構成は、図32の構成に比べ、光信号のパワーの減少を少なくすることができる。すなわち、図32では、入力された光信号は、実際に分散補償手段に入力されるか否かに限らず、等しく分割されてしまうのでパワーは、分割数分の1となってしまう。しかし、図33の構成では、入力した光信号は1×nスイッチにより、1～nのいずれかの分散補償手段に全てのパワーが送られることとなるので、実際には使用されない光路に光信号のパワーを分割して送出してしまうことがない。

【0183】図34～37は、分散補償するための構成の変形例を示した図である。図34は、光スイッチまたは、光カプラ340を使用した例であり、補償量が同じ、あるいは、異なる分散補償ファイバ等の分散補償手段を直列に接続し、分散補償手段を複数通過させることにより、光信号の分散補償を最適化してやろうというものである。入力した光信号は、分散補償手段を通過するが、分散補償手段の後に設けられた光スイッチ341により、光路が変えられ、光スイッチまたは光カプラ340へと送られ、出力される。どの光スイッチで光路が切り換えられるかにより、通過する分散補償手段の数が異なるので、補償される分散の量も異なってくる。

【0184】図35は、近回路を作って、光信号が通過する分散補償手段の数や種類を変えてやる構成である。入力した光信号は、光スイッチ350によって次の分散補償手段を迂回するか通過するかが切り換えられる。直列に接続されている分散補償手段のそれぞれの前段には、光スイッチ350が設けられており、各光スイッチの次の分散補償手段を光信号に通過させるか否かが決定できるようにになっている。同図の構成の場合には、近回路が形成されているため、後段に設けられている分散

補償手段に光信号を通過させるのに、前段の分散補償手段を通過させる必要がないので、分散補償手段によって補償する分散補償量の大小をより自由に設定できる。

【0185】図36は、図34の変形例である。各分散補償手段の後段には、光カプラ362が設けられており、光信号が分岐されるようになっている。この構成によれば、同構成で可能な分散補償量の種類を受けた全ての光信号が、それぞれの光スイッチ360まで送られてきており、光スイッチ360の内1つを開いてやることにより、最も良く分散補償された光信号を光スイッチまたは光カプラ361に送ることができる。光スイッチまたは光カプラ361からは、このようにして選択された最も良く分散補償された光信号を送出することができ、ただし、この構成では、光信号が光スイッチまたは光カプラ361に送られるか否かに関わらず、光カプラ362によって分岐されてしまうので、後段の分散補償手段に入力される光信号ほどパワーが小さくなってしまいうという性質がある。

【0186】図37は、図36の更なる変形例である。各分散補償手段の後段には光カプラ370が設けられており、各分散補償手段によって分散補償された光信号が、光スイッチ371に入力される。光スイッチはさまざまな分散補償を受けた光信号のうち最も良く分散補償された光信号を選択して出力する。この場合にも、光信号は、分散補償手段を順次通過するうちに、その後段の光カプラ370で分岐されてしまうことにより、パワーが小さくなってしまいうという性質を持っている。

【0187】図38、39は、分散補償と波形状劣化特性について示した例である。図38は、10Gbpsで、8波多重した場において、80kmを4スパン伝送したときの波形状劣化を示している。伝送路(シグナルモジュール; SMF)への入力光パワーは1チャネル当たり平均で+10dBm、送信局側でαパラメータ=1のプリチャープを使っており、送信局で同じ大きな分散補償量を持つ分散補償ファイバで分散補償している。

【0188】ISI劣化とは符号間干渉による劣化のことであり、信号の伝搬方向の劣化を表している。ISI劣化は、0%に近いほど良い。位相マージンは、光信号のオン/オフパターンの時間方向のずれの量など、光信号の位相方向の劣化量を表すものであり、100%に近いほうが良い。

【0189】今、光信号の劣化量の許容範囲をISI劣化が10%、位相マージンが70%であるとする。同図の上から突出しているグラフのISI劣化が10%である部分で特許補償が、いずれのチャネルに対してもほぼ1000～1200ns/nm/unitの範囲にあることが分かる。一方、同図の下から突出しているグラフの位相マージンが70%である部分の幅が、いずれのチャネルに対してもほぼ1150～1300ps/nm/u

niの範囲であることが分かる。

【0190】上記両者の範囲の重なった部分が、分散補償量のトレランスである。このトレランスが広いほうが良いのであるが、同図では、非常に狭いことが分かる。図39は、図38の条件において、送信局で受信局と同じ限の分散補償をしており、中継器は送信局や受信局の分散補償量の2倍の分散補償を行っている。また、送信局では、送信局でαパラメータ=+1のプリチャープを行っている。

【0191】同図ではトレランスの広がりばかりにないが、送信側で分散補償を行うとともに、αパラメータが正のプリチャープを行うことによって、分散トレランスを広くすることができる。

【0192】これをわかりやすく示したのが図40である。図40は、位相マージンが70%以上である場合の分散トレランスを示した図である。

【0193】同図(a)は、送信側でαパラメータ=+1のプリチャープを行った場合を示し、同図(b)は、送信側でαパラメータ=−1のプリチャープを行った場合を示す。同図は、10Gbpsの伝送速度で、16波長多重し、4スパン伝送したものである。同図では、グラフの上方に位相マージンが70%以上を満たす上限が示されており、グラフの下方に下限が示されている。この上限と下限の間が分散トレランスである。同図

(b)のように、送信側で負のプリチャープを行った場合には、上限と下限がほとんどくっついてしまい、トレランスがほとんどないことが示されている。これに対して、同図(a)のように、送信側で正のプリチャープを行った場合には、上限と下限に幅があり、分散トレランスが大きくなり取れることが分かる。分散トレランスが大き

いということは、中継器(インラインアンプ)の分散補償量を一定に保ちつつも、伝送路のスパンの長さの変化によらず同じ伝送特性で光信号を送送することができるとを示している。これは、光信号の分岐、挿入や修復時の挿入等によって、伝送路のスパン長が変わってしまったら、伝送路劣化により伝送路の長さは同じでも光信号の感じの光路長が良くなってしまったらした場合にもインラインアンプの分散補償量を要えずに済む許容量が大いという点であり、実際のシステムを構築する上で有利になる。

【0194】以下に、OADM装置を使ってネットワークを構築する際に必要とされる冗長構成(バスペクトクシヨンの)構成例を説明する。図41は、2ファイバLSRのOADMノードの構成を示した図である。【0195】同図では、32波を多重する波長分割多重システムを前提に説明する。BLSRでは、2ファイバで上り伝送路と下り伝送路の冗長化を行うため、波長チャネルの半分を現用(Work)、残り半分を予備(Protection)として使用する。例えば、同図では、西から東への通信には、波長λ1～λ16を現用として使用し、東

ビュータ局で受信されるときは、図30の送信部から受信部にスルーして受信される光信号と同じ分散補償を受けることができる。一方、アドされる光信号は、アドポート側に、図30では、送信器に設けられていた700ps/nmの補償量を有する分散補償手段に対応する分散補償手段が設けられる。従って、トリビュートの局からそのまま送出された光信号は、アドポート側の分散補償手段によって、図30の送信部で与ける補償に対応する分散補償を受けてOADM装置でアドされることになる。アドされた後は、他の光信号と同じように分散補償されるので、トリビュート局からアドされる光信号も、受信側に送信されるときには、図30の送信部から受信部にスルーして送信される光信号と同様の分散補償を受けて伝送される。

【0175】このように、OADM装置をスルーする光信号も、アド・ドロップされる光信号もそれぞれの端局に伝送される間に同じような仕方で分散補償されるように分散補償手段をネットワークに組み込むようにする。

【0176】同図(b)は、OADM装置の別の構成例である。OADM装置の中には、光信号をドロップするためのAOTF等の分岐回路と、光信号をアドするための光カプラ、AOTF、あるいは合波器等の挿入回路とが設けられている。同図(a)で述べたように、アド・ドロップされる光信号も、図30の送信部から受信部にスルーする光信号と同じように分散補償をするために、OADM装置の前段には、補償量-1200ps/nmの分散補償手段が設けられており、アド側には、-700ps/nmの分散補償手段が設けられている。同図(b)の構成は、AOTFをドロップ専用で使用し、アドは光カプラ等で行うという構成をしており、図5～図12に示したOADM装置の具体的な構成に対応している。

【0177】図32、33は、送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図である。送信部、受信部及びOADM装置のアド側、ドロップ側は、伝送路の経路劣化や波長回復による挿入等により補償量を調整できることが好ましい。そこで、分散補償手段を補償量の可変構成とすることが有力である。

【0178】図32(a)は、1～nの補償量の異なる分散補償手段(例え、分散補償ファイバ)を設け、入力された光信号を光カプラで等しく分岐し、光スイッチを各分散補償手段毎に設けておいて、いずれかの分散補償手段を選択するようにする。従って、光信号は、1～nの異なる補償量を有する分散補償手段のいずれかを通過して出力されることになり、最速な分散補償手段を選択することができる。伝送路の伝送特性の変化に対応することができようになる。

【0179】図32(b)は、1～nの異なる補償量を有する分散補償手段を設けると共に、出力側に1×n光

から西への通信には、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を現用として使用する。

[0196] 正常時は、西から来た光信号は、 1×2 カブラ410から光ループバックスイッチ411を通り、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ までを現用として使用している波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412に注入される。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412から出力される光信号は、光ループバックスイッチ413を通して 1×2 カブラ414を介して伝送路に送出される。同様に、東から西に光信号を送信する場合には、 1×2 カブラ419から光ループバックスイッチ418を介して波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417に注入される。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417では、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を現用として使用している。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417から送出される光信号は、光ループバックスイッチ416を介して、 1×2 カブラ415を通して、西側に送出される。なお、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ と波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ は、それぞれ同じ情報を常に運んでいる。

[0197] ここで、図42に示すように西側にケーブル切断が起こり、西側へ光信号を送信できない、あるいは、西側から光信号を受信できなくなるとすると、東側から送られてくる波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の予備回線が波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412の現用装置により処理され、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ の現用回線が波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417の現用装置により処理されるようになる。すなわち、東側から送られてきた光信号は、 1×2 カブラ419で光ループバックスイッチ418に送られると共に、光ループバックスイッチ411にも送られている。光ループバックスイッチ411は、西側からのパスを切断し、 1×2 カブラ419からの光信号を波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412に送信するようにする。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412は、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の光信号を現用装置で処理し、光ループバックスイッチ413と 1×2 カブラ414を介して東側へ送出する。 1×2 カブラ419からのもう一方の光信号は、光ループバックスイッチ418を介して波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417に注入され、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ までを現用装置で処理し、出力する。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417から出力された光信号は、光ループバックスイッチ416で光路が切り換えられ、 1×2 カブラ414から東側へ送出される。

[0198] 図43に示すように、東側にケーブル切断が生じた場合は、上記説明と同じであって、ただし、光ループバックスイッチ418が上記説明の光ループバックスイッチ411の動作をし、光ループバックスイッチ413が上記説明の光ループバックスイッチ416の動作をするようになる。

[0199] 同図のように、波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412で現用として使う波長と予備として使う波長とを波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417では、現用と予備を入れ換

えて使用することにより、ケーブル切断が生じて、光信号の折り返しが必要になった場合に、光信号の波長変換を行う必要がなくなる。従って、装置の構成を簡単化でき、コストの低減に寄与するところが多い。

[0200] 同図のこのような装置構成は、BLSR (Bidirectional Line Switch Ring) という名前が示すように、リング状のネットワーク (図44、45参照) において採用される。

[0201] 図44は、正常時のリングネットワークを示す。OADMノードA、B、C、Dは図41にて説明したOADMノードと同一の状態にある。図45はOADMノードAの西側で光ケーブル切断が生じた場合のリングネットワークの構成を示す図である。この場合OADMノードAでは、図42のように光ループバックスイッチ411、416が切り替わる。また、OADMノードDでは、図43に示すように光ループバックスイッチ413、418が切り替わる。

[0202] 図46は、4ファイバBLSRのOADMノードの構成を示す図である。4ファイバBLSRにおいては、波長 $\lambda d d / D r o p$ 部も2重化されており、西側から東側へ向かう回線には、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423と予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部424が設けられ、東側から西側へ向かう回線には、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431と予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部432が設けられている。また、4ファイバBLSRにおいては、伝送路も現用と予備に分けられ、例えば、32波のチャネルを現用として使用する必要はなく、32波すべてを現用として使用することができ。

[0203] $1+1$ プロテクションにおいては、現用伝送路と予備伝送路に常に同じ情報が流れている。通常動作では、西側から入力された光信号は、光ループバックスイッチ426、427を通過し、 $1+1$ プロテクションスイッチ425に注入される。光 $1+1$ プロテクションスイッチ425では、現用回線と予備回線の切り替えを行う。一般に、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423には、SN比の良い回線の光信号が入力される。光 $1+1$ プロテクションスイッチ425から出力された光信号は、それぞれ現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423あるいは予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部424に注入され、処理された後、光 $1+1$ プロテクションスイッチ422に注入される。光 $1+1$ プロテクションスイッチ422では、現用と予備の切り替えが行われ、出力された光信号は、光ループバックスイッチ420、421を介して東側へ送出される。

[0204] 東側から西側へ送られる光信号は、光ループバックスイッチ434、435及び光 $1+1$ プロテクションスイッチ433を介して、それぞれ現用波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431及び予備波長 $\lambda d d / D r o p$ 部432に注入されて、処理される。現用及び予備の波長

$\lambda d d / D r o p$ 部431、432から出力された光信号は、光 $1+1$ プロテクションスイッチ430、光ループバックスイッチ428、429を介して西側へ送出される。

[0205] 図46のOADMノードによりリングネットワークを構成した場合の例を図47に示す。図46のノードの西側のケーブルがすべて切断などにより使用できなくなった場合には、このノードで折り返し転送が行われる。東側の現用回線から入力した光信号は、そのまま現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431に注入される。現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431から出力された光信号は、光 $1+1$ プロテクションスイッチを介して光ループバックスイッチ428に注入される。西側へは送信されず、光ループバックスイッチ421へ転送され、予備回線を使って東側へ送信される。一方、東側の予備回線から入力された光信号は、西側のケーブル切断等により、光ループバックスイッチ435によって、光ループバックスイッチ426に転送されてきた光信号を光 $1+1$ プロテクションスイッチ425を介して現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423に注入する。この光信号が現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423から出力されると、光 $1+1$ プロテクションスイッチ422、光ループバックスイッチ420を介して東側へ現用回線を使って送信される。

[0206] 図48のOADMノードAの動作が以上の説明に対応する。東側のケーブルがすべて使えなくなった場合は、上記説明と同様であって、ただし、光ループバックスイッチ428の動作を光ループバックスイッチ420が、光ループバックスイッチ435と426の動作を光ループバックスイッチ427と434が行う。

[0207] 図48のOADMノードの動作が以上の説明に対応する。4ファイバBLSRでは、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部の故障と伝送路の切断の両方に起きても対応することができる。例えば、図49に示すように、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423が故障し、西側へ向かう現用回線が同時に切断されたとする。このときは、東側の現用回線から入力された光信号は、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431を介して光 $1+1$ プロテクションスイッチ430でパスが予備回線に切り換えられ、光ループバックスイッチ429を介して西側へ送出される。一方、西側の現用回線から入力された光信号は、光 $1+1$ プロテクションスイッチ425で予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部424に送られる。予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部424から送出された光信号は、光 $1+1$ プロテクションスイッチ422によって、光ループバックスイッチ420に送られ、現用回線を使って、東側へ送出される。

[0208] このように、伝送路の現用回線が使えなくなった、あるいは、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部が使

えなくなった場合には、光 $1+1$ プロテクションスイッチ430が現用と予備を切り替えて障害を克服する。

[0209] 図50は、1つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成である。同図の構成では、現用回線の東側から入力した光信号は、BD-WDMカブラ440で分岐され、光ループバックスイッチ442を介して現用波長 $\lambda d d / D r o p$ 部のうち、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を扱う (波長多重数を32と仮定している) 装置444に注入する。ここで、BD-WDMカブラとは、Bi-Directional-WDMカブラという意味である。装置444から出力された光信号は光ループバックスイッチ446を介してBD-WDMカブラ447に注入され、現用回線を使用して西側に送出される。一方、現用回線を介して西側から入力した波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の光信号は、光ループバックスイッチ445を介して現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部の内、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ を扱う装置443に注入される。装置443から出力される光信号は、光ループバックスイッチ441を介してBD-WDMカブラ440で西向きに光信号と合流されて現用回線を東向きに伝送される。[0210] このように、1つのファイバで両方向伝送を行う場合は、互いに逆方向に伝播する光信号の干渉が大きくならないように、異なる波長を使うようにする。例えば、同図では、西から東へ向かう信号を波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ とし、東から西へ向かう信号を波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ としている。

[0211] 通常時における予備回線の動作は、現用回線の動作と同じであるが、使用される波長が異なっている。すなわち、西から東へ向かう光信号の波長は $\lambda 17 \sim \lambda 32$ であり、東から西へ向かう光信号の波長は $\lambda 1 \sim \lambda 16$ となっている。

[0212] ここで、図51に示すようにOADMノードの西側の伝送路が現用も予備も使用できなくなるとする。すると、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の光信号は、東側から予備回線を使って、BD-WDMカブラ448に注入され、光ループバックスイッチ450を介して光ループバックスイッチ445に転送される。光ループバックスイッチ445は、転送された光信号を現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部の波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ を処理する装置443に注入する。装置443から出力された光信号は、光ループバックスイッチ441を介してBD-WDMカブラ440に注入され、東側へ現用回線を使用して伝送される。

[0213] 一方、東側から現用回線を使ってBD-WDMカブラ440に注入した、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ までの光信号は、光ループバックスイッチ442を介して装置444に注入され、処理される。装置444から出力された光信号は、光ループバックスイッチ446で、光ループバックスイッチ449に転送され、BD-WDMカブラ448を介して、予備回線を使って東側へ送出さ

70-4を中継される間の光信号のレベルの変化とSN

光の劣化の様子を示している。同図 (b) に示されるように、光信号のレベルは光アンプ470-1~470-4でそれぞれ増幅され、伝送路を伝播するに従って減衰することになり繰り返している。従って、光信号のレベルのみに着目すれば、伝送路に適当な間隔で光アンプを配置しておけばよい。しかし、同図 (b) のSN比のグラフに示されるように、光アンプでは、光信号にASE (Amplified Spontaneous Emission) というノイズが積み重なっていき、SN比は徐々に悪化していき、SN比の劣化は、劣化すればするほど悪化の仕方が小さくなっていくが、そのような状態になると光信号の情報を正確に読み取ることができなくなってしまう。従って、SN比が悪くなりきらない内に、再生器471を使って光信号の再生を行わなくてはならない。再生器471は、受信した波長多重化された光信号を各波長に分離し、各波長毎に光受信器ORで光受信し、3R処理を行って電気信号を生成し、この電気信号で光送信器OSで光信号に変換して送出する。各波長毎に再生された光信号は互いに合波されて波長多重光信号として伝送路に再び送出される。

【0222】このような再生器471を設ける方法は、直線型のネットワークでは、所定数の光アンプを通して、そこに再生器471を設けるようにすればよいが、リングネットワークであって、しかも冗長化がなされている場合には、予備のパスが使用された場合においても、所定数の光アンプを通過した再生器を設けるように、再生器の配置を最適化する必要がある。一般に、5つ光アンプを通過した後、再生器を入れるとすると、予備のパスを使用した場合には上手く行かない場合が生じる。従って、5つの以下の光アンプ、例えば、3つを通過したら再生器を入れるようにする。これによれば、早めに光信号を再生することになり、また、高価で構成の複雑な再生器をより多くネットワークに組み込むことになるが、これは、ネットワークのパフォーマンスとコストを鑑みて最適化されるべきものである。

【0223】

【発明の効果】本発明によれば、回路構成が簡単で、安価な任意波長型OADM装置及びシステムを構築することができ、

【図面の簡単な説明】

【図1】AOTFを用いたOADM装置の基本的原理を示す図である。

【図2】実際のAOTFを使用してOADM装置を構成する場合の基本的構成例のブロック図である。

【図3】AOTFを使ったブロードキャスト対応のOADM装置の構成例を示すブロック図である。

【図4】OADM装置内のAOTF及び伝送路の冗長構成を示す原理図である。

【図5】AOTFを使用したOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図6】AOTFを使用したOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図7】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図8】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図9】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図10】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図11】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図12】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図13】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図14】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図15】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図16】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図17】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図18】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図19】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図20】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図21】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図22】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図23】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図24】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図25】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図26】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

【図27】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

例を示す図である。

の第1の例を示す図 (その1) である。

【図6】AOTFを使用したOADM装置の具体的な構成

の第1の例を示す図 (その2) である。

【図7】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成

の第2の例を示す図 (その1) である。

【図8】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成

の第2の例を示す図 (その2) である。

【図9】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第3の例を示す図 (その1) である。

【図10】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第3の例を示す図 (その2) である。

【図11】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その1) である。

【図12】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図13】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図14】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図15】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図16】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図17】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図18】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図19】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図20】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図21】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図22】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図23】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図24】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図25】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図26】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図27】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図28】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図29】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図30】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図31】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図32】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図33】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図34】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図35】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図36】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

【図37】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成

の第4の例を示す図 (その2) である。

テム設計を説明する図である。

【図31】OADM装置部分の分散補償のための構成を

示す図である。

【図32】送信側、受信側、及びOADM装置のアド

側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示

す図 (その1) である。

【図33】送信側、受信側、及びOADM装置のアド

側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示

す図 (その2) である。

【図34】分散補償するための構成の変形例を示した図

(その1) である。

【図35】分散補償するための構成の変形例を示した図

(その2) である。

【図36】分散補償するための構成の変形例を示した図

(その3) である。

【図37】分散補償するための構成の変形例を示した図

(その4) である。

【図38】分散補償と波長劣化特性について示した図

(その1) である。

【図39】分散補償と波長劣化特性について示した図

(その2) である。

【図40】位相マージンが70%以上である場合の分散

トレランスを示した図である。

【図41】2ファイバBLSRのOADMノードの構成

を示した図である。

【図42】2ファイバBLSRのOADMノードのブ

クストラクションを説明する図 (その1) である。

【図43】2ファイバBLSRのOADMノードのブ

クストラクションを説明する図 (その2) である。

【図44】OADMノードを備えた2ファイバBLSR

ネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図45】OADMノードを備えた2ファイバBLSR

ネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図で

ある。

【図46】4ファイバBLSRのOADMノードの構成

を示す図である。

【図47】OADMノードを備えた4ファイバBLSR

ネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図48】OADMノードを備えた4ファイバBLSR

ネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図で

ある。

【図49】OADMノードを備えた4ファイバBLSR

ネットワークのノード障害・光ケーブル断線時の構成を

説明する図である。

【図50】1つのファイバで何方向伝送を行うシステム

における2ファイバBLSRのノード構成である。

【図51】2ファイバBLSRネットワークに双方O

ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説

明する図 (その1) である。

【図52】2ファイバBLSRネットワークに双方O

ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説

明する図 (その2) である。

【図53】2ファイバBLSRネットワークに双方O

ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説

明する図 (その3) である。

【図54】2ファイバBLSRネットワークに双方O

ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説

明する図 (その4) である。

【図55】2ファイバBLSRネットワークに双方O

ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説

明する図 (その5) である。

【図56】2ファイバBLSRネットワークに双方O

ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説

明する図 (その6) である。

【図57】2ファイバBLSRネットワークに双方O

れる。

【0214】また、図52に示すようにOADMノードの両側の伝送路が現用、予備共に使えなくなった場合には、上記と動作は同じであるが、光ループバックスイッチ450の動作は光ループバックスイッチ453が行い、光ループバックスイッチ446と449の動作は光ループバックスイッチ441と453が行う。

【0215】図53は、図50のOADMノードを用いてリングネットワークを構成した場合の図である。また、図54は、OADMノードの両側にケーブル断が生じた場合の例を示す図である。この場合、OADMノードでは、図51と同様にループバックスイッチ445、446、449、450が動作し、またOADMノードでは図52と同様に、ループバックスイッチ441、442、453、454が動作する。

【0216】なお、図41~図53において説明した1~1232の光信号は、北米SONET OC-192又はOC-48、OC-12等に対応したフレーム構成を有する。

【0217】図55は、光1+1プロテクションスイッチの構成例を示した図である。OADMノードは光1+1プロテクションスイッチによって冗長化がなされているが、光1+1プロテクションスイッチが故障した場合、冗長化が機能しなくなるので、光1+1プロテクションスイッチそのものも冗長化しておくのが好ましい。

【0218】入力側から入力された光信号は、2×1カプラ460、461によってそれぞれ2分岐され、ゲートスイッチ462~465に入力される。ゲートスイッチ462~465を通過した光信号は、2×1カプラ466、467から出力側へ出力される。2×1カプラ466と467の内、いずれかが故障した場合、ゲートスイッチ462、463か、ゲートスイッチ464、465のいずれかを閉じた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。また、2×1カプラ460、461のいずれか一方が故障した場合には、ゲートスイッチ462、464か、ゲートスイッチ463、465のいずれかを閉じた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。

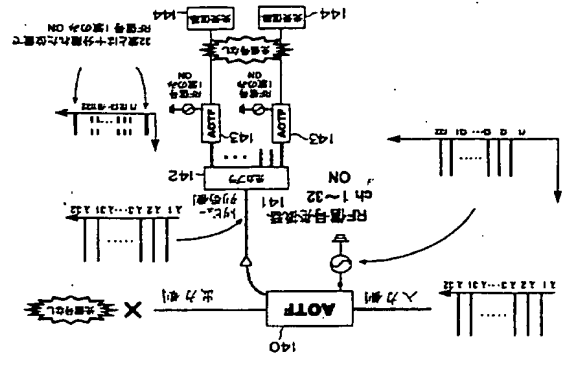
【0219】このように、ゲートスイッチ462~465を切り替えることによって、2×1カプラ460、461、466、467のいずれかが故障しても対応することができ、

【0220】図56は、光伝送路において、再生器をどのように閉入するかに関する考え方を説明する図である。同図 (a) に示されるように、光伝送路には、光アンプ470-1~470-4が設けられ、これら光アンプ470-1~470-4を所定数中継した後再生器471で光信号の再生を行う。

【0221】同図 (b) には、光アンプ470-1~4

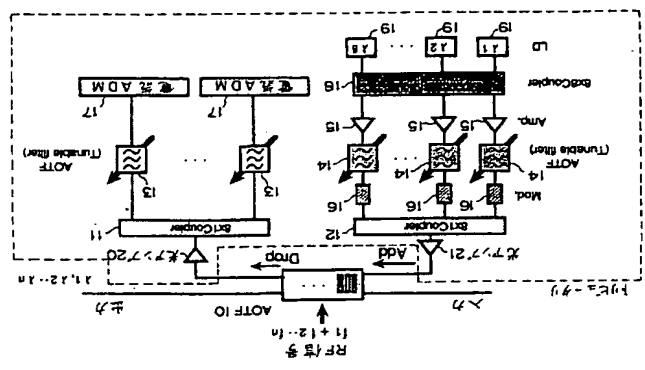
【図14】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法も説明する図(その1)



【図11】

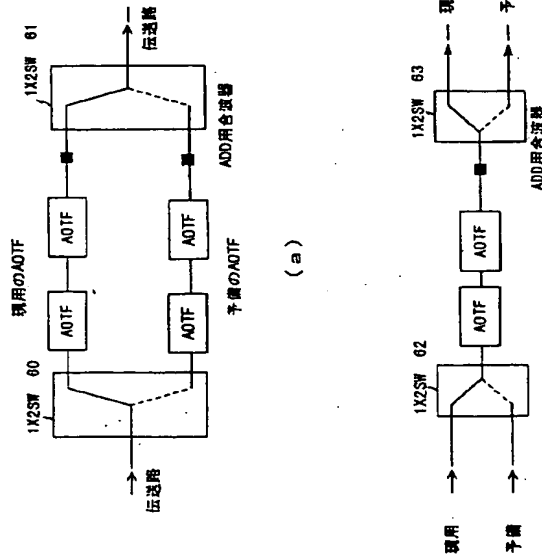
AOTFを用いたOADM装置の基本的原理を示す図



- 56
- 外部変調器 135
- 合波器 138
- RF信号発振器 141
- 144、184 光受信器
- 183 10:1光カプラ
- 185、198 フォトリダイオード (PD)
- 186、203 トラッキング回路
- 193 OADM装置制御CPU
- 204 1×4光スイッチ
- 240 発振回路
- 241 周波数カウンタ
- 242 駆動回路
- 340、361 光スイッチまたは光カプラ
- 341、350、360、371 光スイッチ
- 362、370 光カプラ
- 410、414、415、419 1×2カプラ
- 411、413、416、418、420、421、426、427、428、429、434、435、441、442、445、446、449、450、451、442、445、446、449、450、45
- 3、454 光ループバックスイッチ
- 412、417 OADM装置
- 422、425、430、433 光1+1プロセ
- クシヨンスイッチ
- 423、431、443、444 OADM装置
- (現用)
- 424、432、451、452 OADM装置
- (予備)
- 440、447、448、455 BD-WDMカ
- プラ
- 30 460、461、466、467 2×1カプラ
- 462~465 ゲートスイッチ
- 470-1~470-4 光アンプ
- 471 再生器
- 133、192 (光) スペクトルモニタ
- ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その2)である。
- 【図53】 双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。
- 【図54】 双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブリング状態時の構成を説明する図である。
- 【図55】 光1+1プロテクションスイッチの構成例を示した図である。
- 【図56】 光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図である。
- 【図57】 光スイッチを用いた光ADM (OADM) 装置の構成の一例を示した図である。
- 【符号の説明】
- 10、13、14、31、32、42、43、140、143、180、182、196、200 AOT
- 11、12 8×1カプラ
- 15、20、21、30、34、40、45、136、20
- 137 光アンプ
- 16、50、197 (光) 変調器
- 17 電気ADM
- 18 8×8カプラ
- 19、139 レーザダイオード
- 33、35、36、41、44、46、47、142、181、190、191、194、195、199、2
- 01 光カプラ
- 37、48、49 波長選択フィルタ (AOTF)
- 60~63 1×2スイッチ
- 130、202 レーザバンク
- 131 分配器
- 132 チューナブルフィルタ
- 133、192 (光) スペクトルモニタ

【図4】

OADM装置内のAOTF及び伝送路の
冗長構成を示す原理図

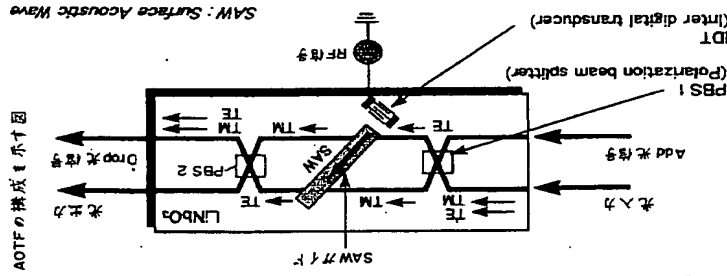


(a)

(b)

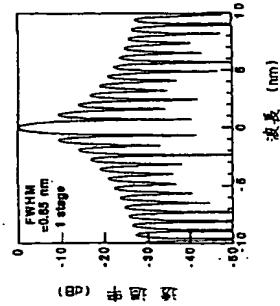
【図21】

AOTFの構成を示す図



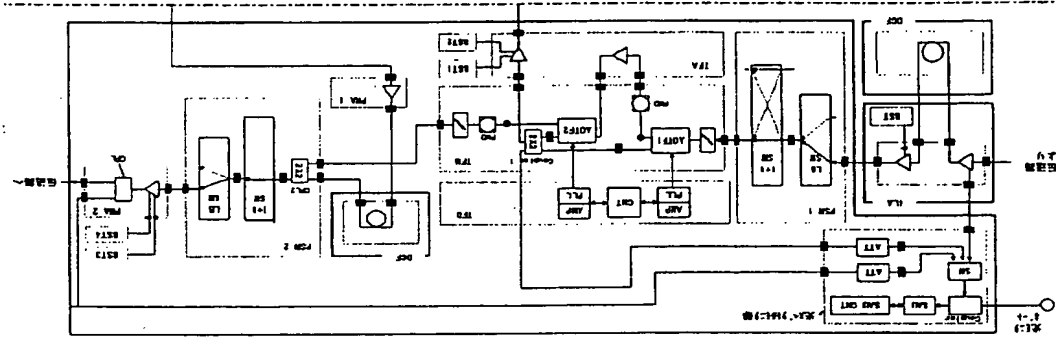
【図22】

図21のAOTFの透過特性を示す図



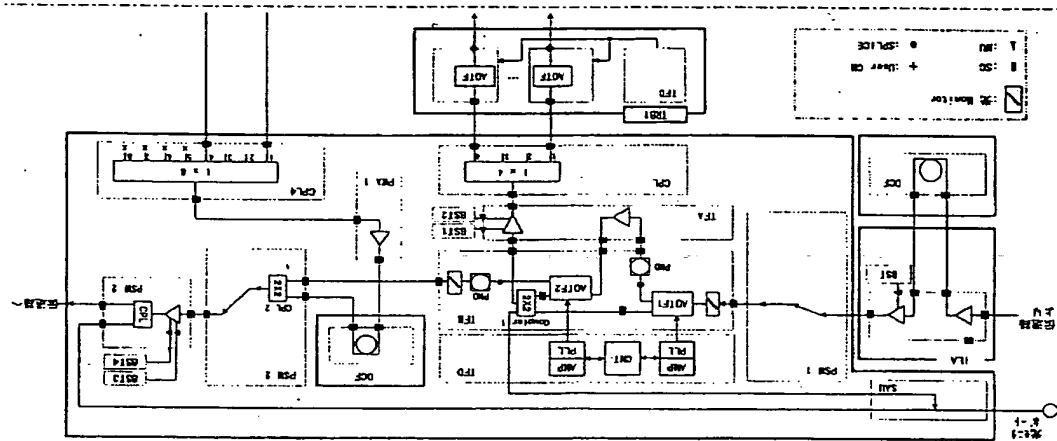
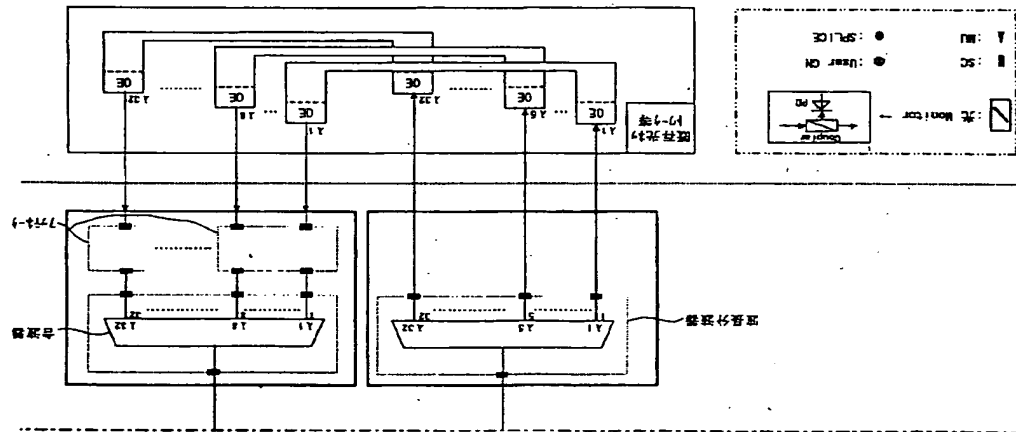
【図5】

AOTFを使用したOADM装置の具体的構成の
第1の例を示す図(その1)

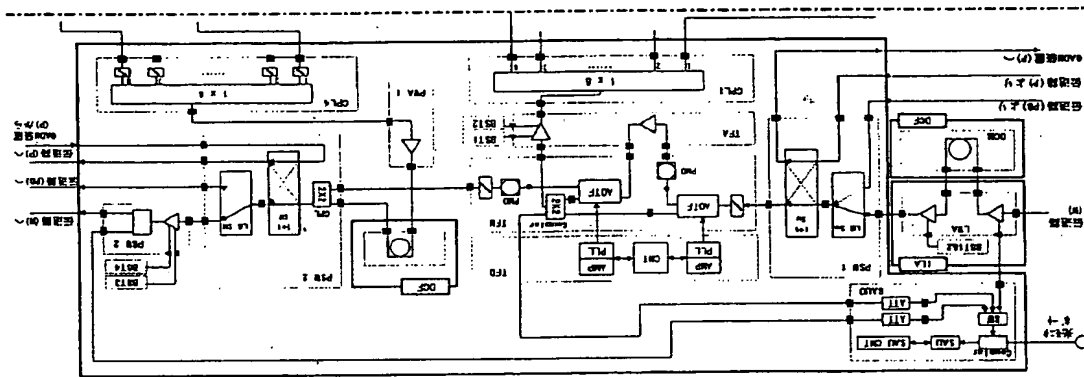


【圖7】

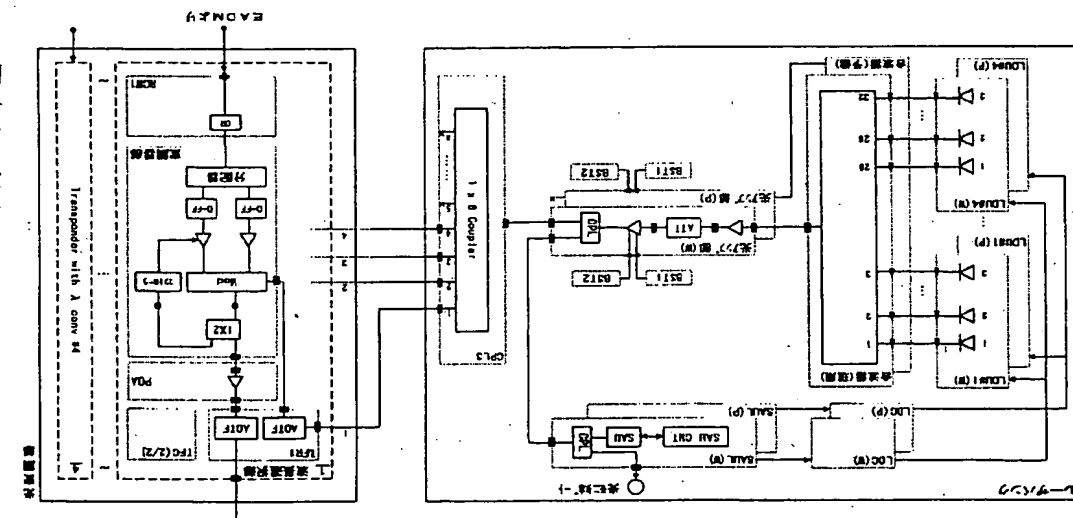
AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図(7の1)



AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の第3の例を示す図
(その1)

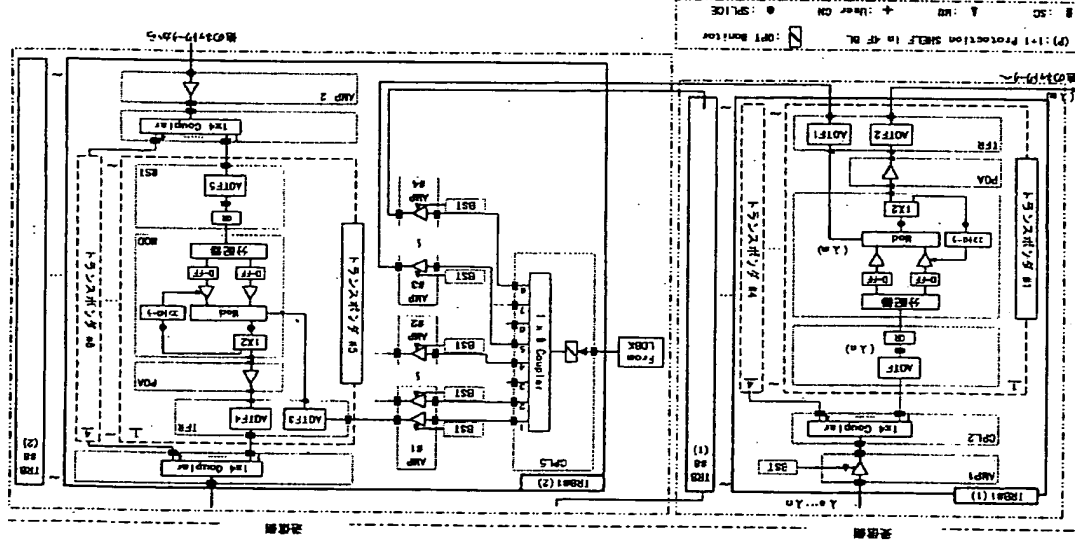


AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の
第2の例を示す図(その2)



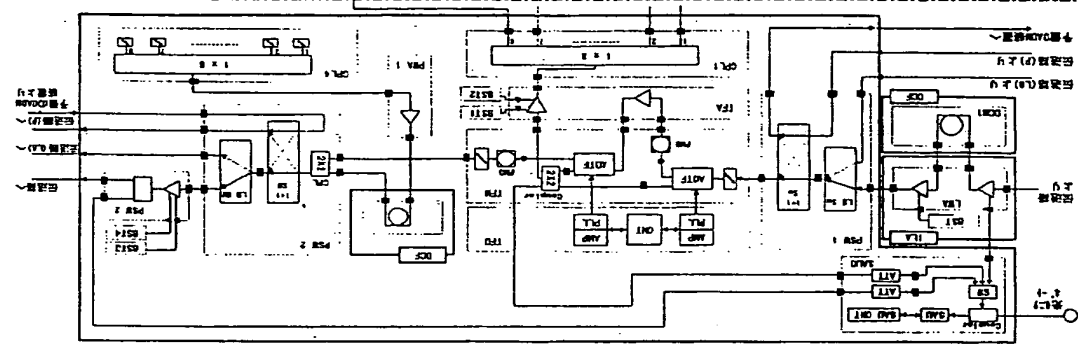
【図10】

AOTEを使ったOADM装置の具体的構成の第3の例を示す図
(その2)



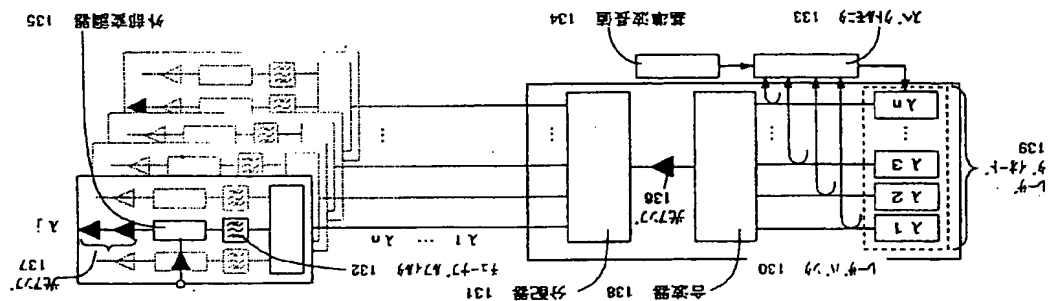
【図11】

AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の
第4の例を示す図 (その1)



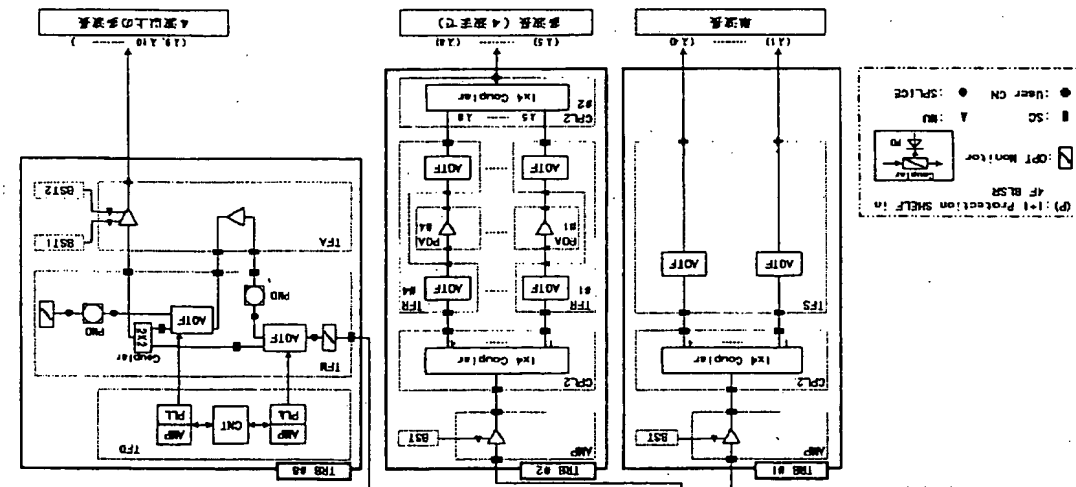
【図13】

アド光信号を生成するための光を供給するために
使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図

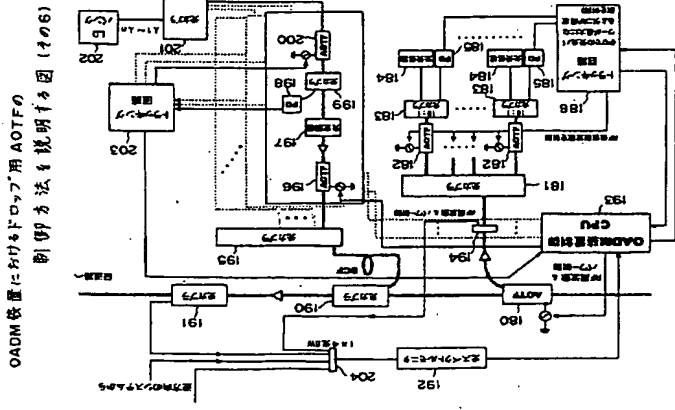


【図12】

AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の
第4の例を示す図 (その2)

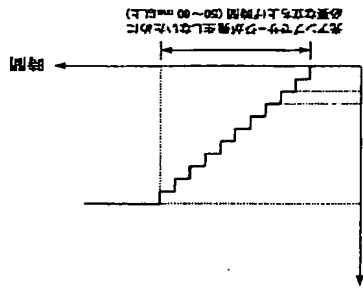


【図19】



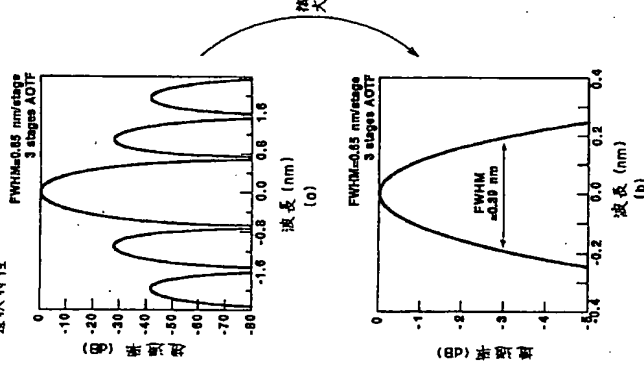
【図20】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その7)



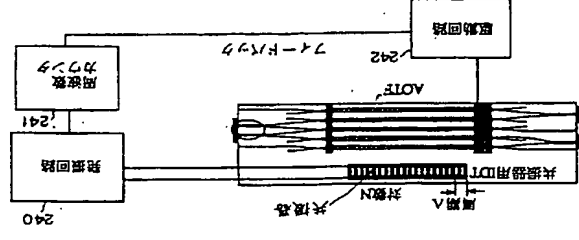
【図23】

図21のAOTFを3段モリシクに基板上に構成し、同一周波数のSAWで波長変換した場合の波長変換特性



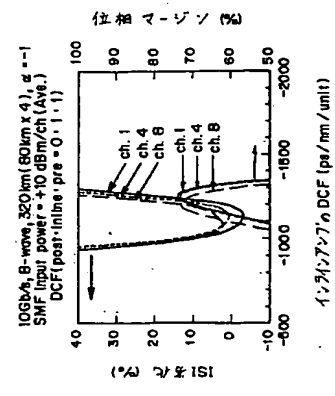
【図24】

AOTFの温度依存性に対する対応技術の説明図

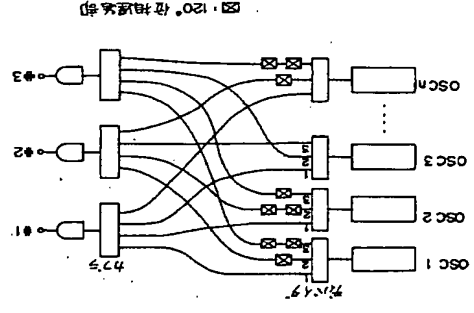


【図38】

分散補償と波形状化特性について示した図(その1)

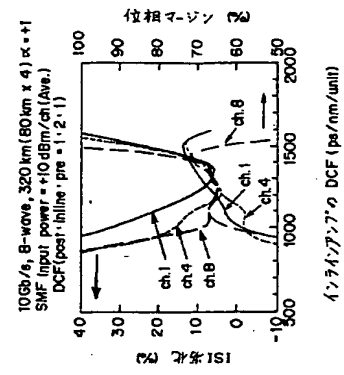


AOTF駆動回路の概略構成も図1の例を示す図



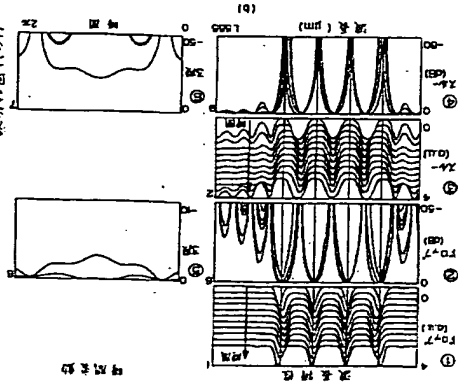
【図39】

分散補償と波形状化特性について示した図(その2)



【図26】

3段階式のAOQFの選択特性の値が1.5程度の設計例の波長特性図(1)

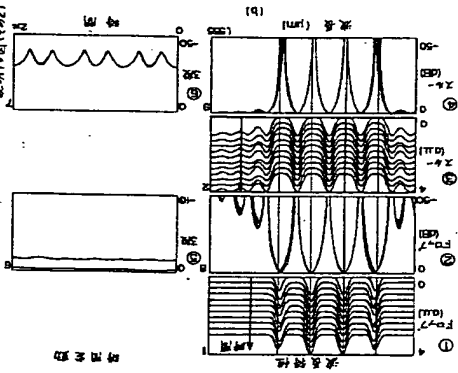


波長特性

波長 (μm)	1波	2波	3波
1.5	0	0	0
1.55	0	0	0
1.6	0	0	0

【図27】

3段階式のAOQFの選択特性の値が1.5程度の設計例の波長特性図(2)

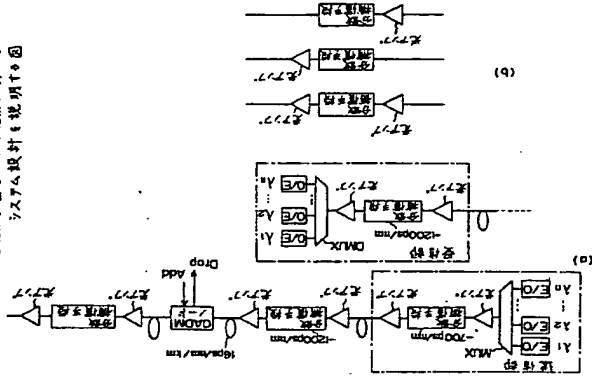


波長特性

波長 (μm)	1波	2波	3波
1.5	0	0	0
1.55	0	0	0
1.6	0	0	0

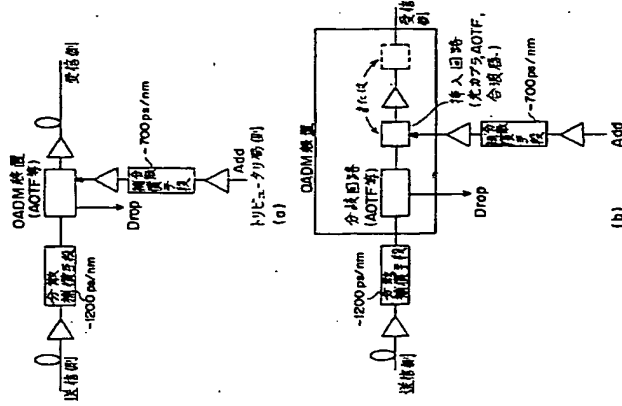
【図30】

OADM装置を含むOADMシステムのシステム設計も説明する図



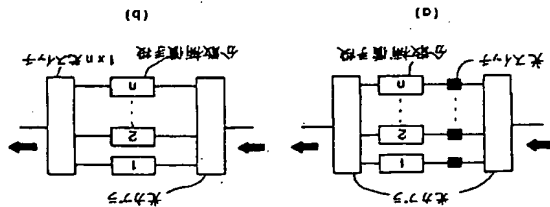
【図31】

OADM装置部分の全数値値のための構成も示図



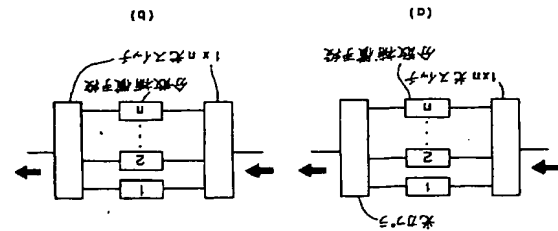
【図 32】

送信部、受信部、及び OADM 装置の一例。
ドロップ側に設けられる分岐補償手段の構成例も
示す図 (4の1)



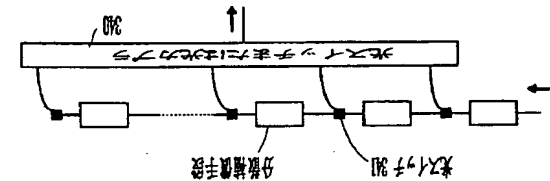
【図 33】

送信部、受信部、及び OADM 装置の一例。
ドロップ側に設けられる分岐補償手段の構成例も
示す図 (4の2)



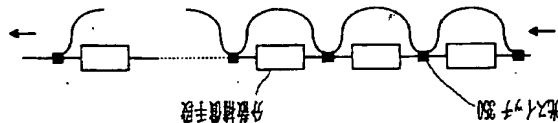
【図 34】

分岐補償手段の構成の変形例も示した図
(7の1)



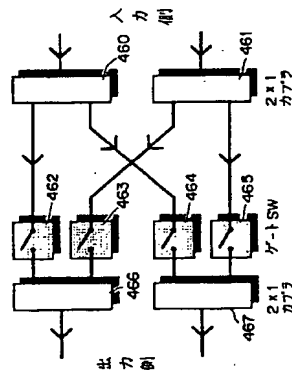
【図 35】

分岐補償手段の構成の変形例も示した図
(7の2)



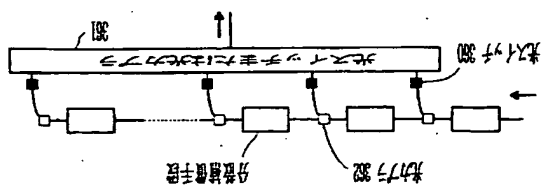
【図 55】

光1+1プロテクトスイッチの構成例を示した図



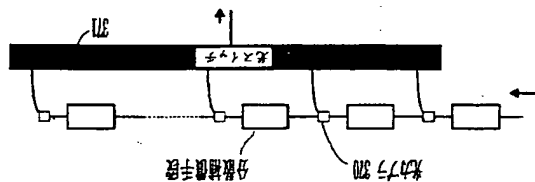
【図36】

分散補償手段の構成の変化例を示した図
(その3)



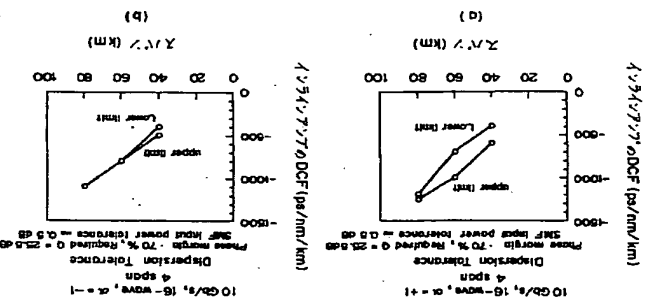
【図37】

分散補償手段の構成の変化例を示した図
(その4)



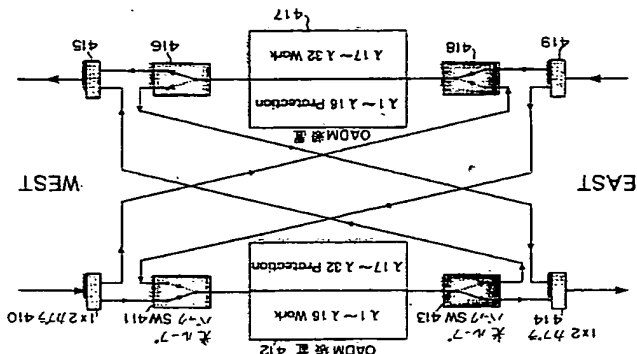
【図40】

位相マージンが70%以上となる場合の
分散補償手段の構成の変化例を示した図



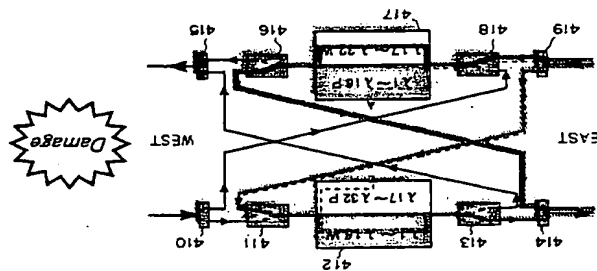
【図41】

2ファイバBLSRのOADMノードの構成を示した図



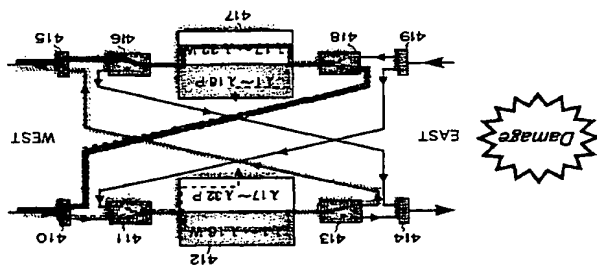
【図42】

274バBLSRのOADMノードの
プロセッサバスを説明する図 (4の1)



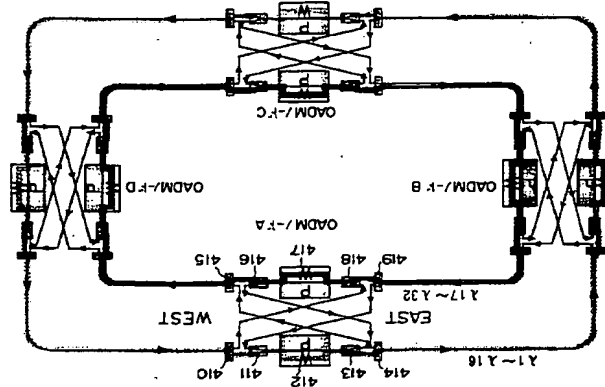
【図43】

274バBLSRのOADMノードの
プロセッサバスを説明する図 (4の2)



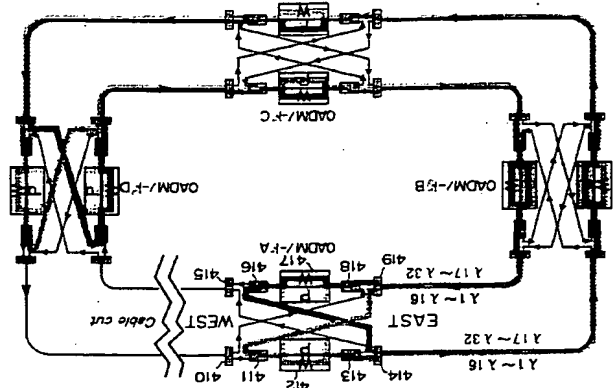
【図44】

OADMノードを備えた274バBLSRネットワークの
正常時の構成を説明する図



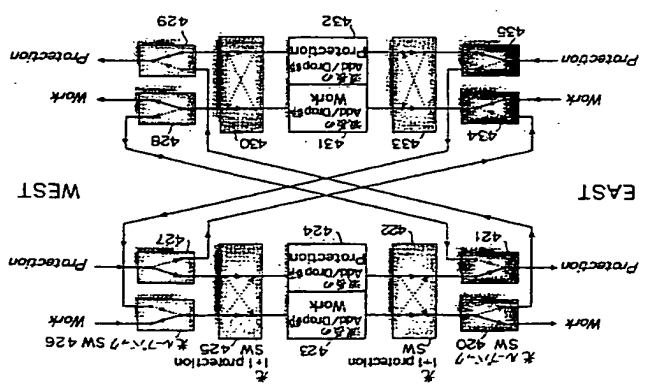
【図45】

OADMノードを備えた274バBLSRネットワークの
光ケーブル断線時の構成を説明する図



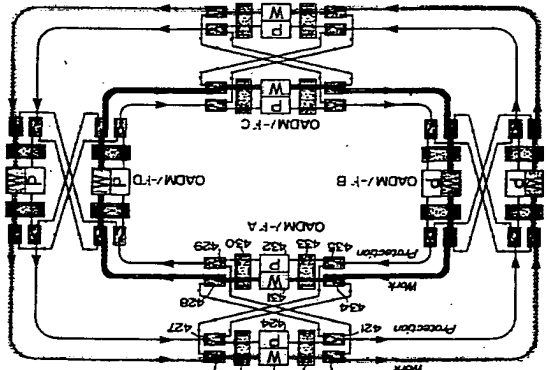
【図46】

4771バBLSRのOADM/-Fの構成を示す図



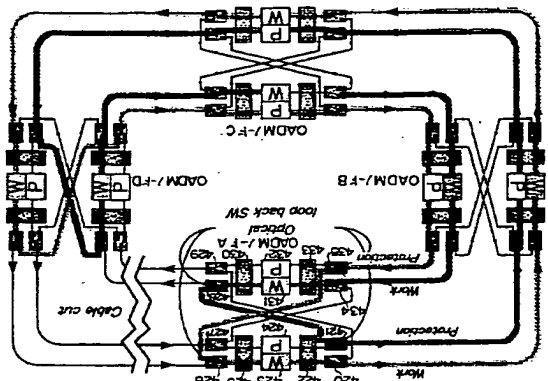
【図47】

OADMノードを備えた4771バBLSRネットワークの正常時の構成を示す図



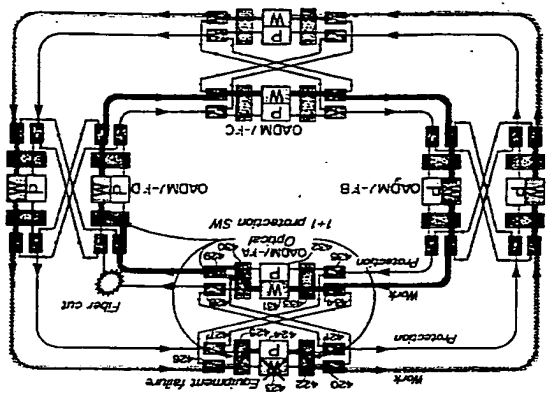
【図48】

OADMノードを備えた4771バBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を示す図



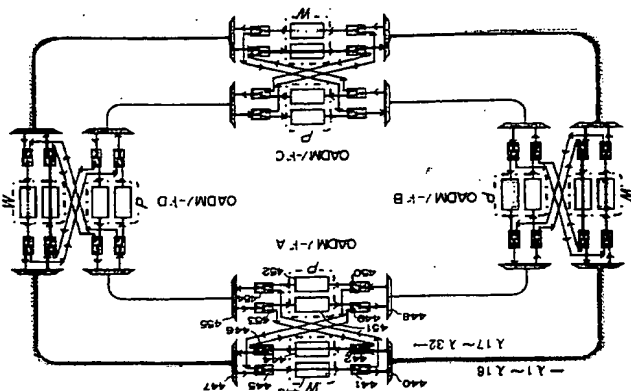
【図49】

OADMノードを備えた4771バBLSRネットワークのノード障害 光ケーブル断線時の構成を示す図



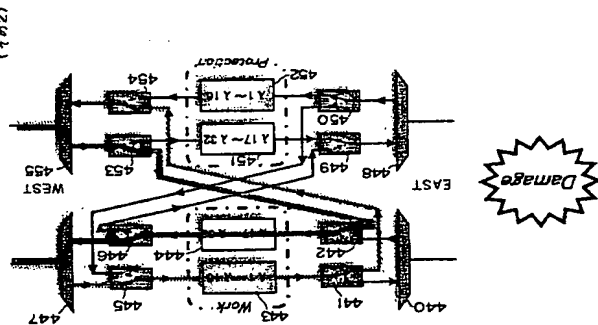
【図53】

2方向 OADMノードを備えた2ファイバ BLSRネットワークの正常時の構成を説明する図



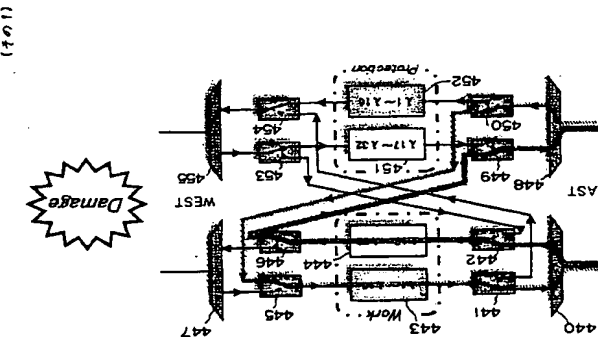
【図52】

2ファイバ BLSR ネットワークに双方向 OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図 (その2)



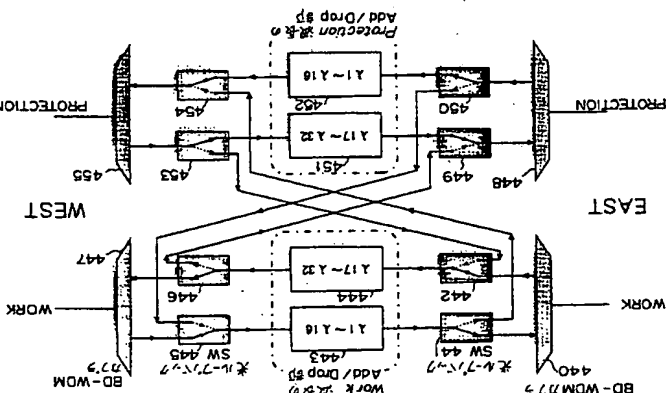
【図51】

2ファイバ BLSR ネットワークに双方向 OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図 (その1)



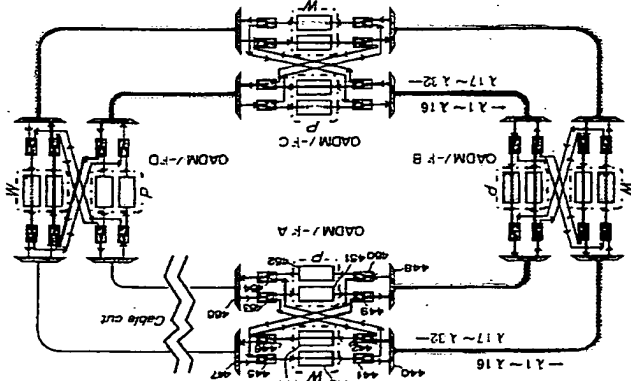
【図50】

1つのファイバで両方向伝送を行うシステムに於ける2ファイバ BLSRのノード構成



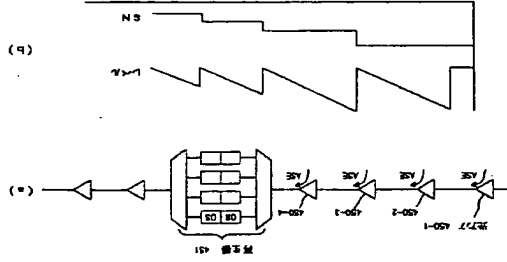
【图54】

双方向 OADM ノードを揃えた 2 ファイバ BLSR ネットワークの
光 ケーブル 断線時の構成を説明する図



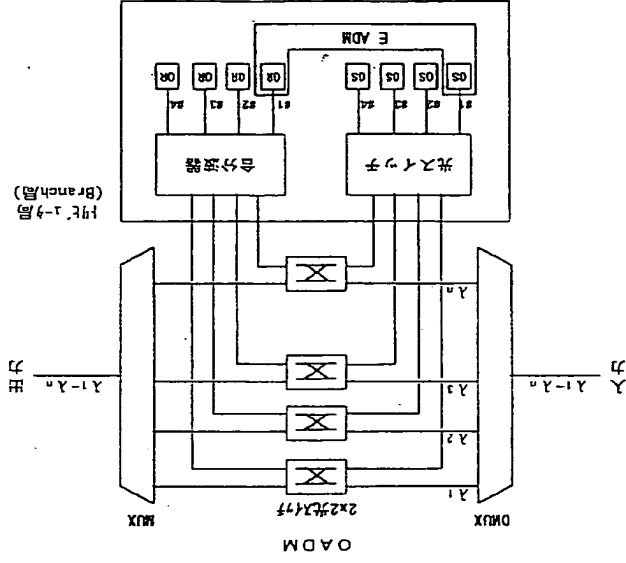
【图56】

光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図



【图 57】

光スイッチを用いた光ADM(OADM)装置の構成の一例を示した図



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

H04 J 14/02

特別記者

15

(72)發明者 大塚 和恵

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)發明者 甲斐雄高

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 發明者 中沢 忠雄

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 榮明者 近聞 輝英

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内